

**UNTERSUCHUNGEN ÜBER
AUFNAHME, VERTEILUNG, VERWEILDAUER
UND AUSSCHIEDUNG VON ZINK-65
IN HENNEN UND HÄHNEN**

Georg von Kaufmann

—
1973
—

Aus dem Lehrstuhl für Hygiene und Technologie der Lebensmittel tierischen Ursprungs
der Universität München
Lehrstuhlinhaber: Professor Dr. Dr. h. c. L. Kotter

UNTERSUCHUNGEN ÜBER AUFNAHME,
VERTEILUNG, VERWEILDAUER UND AUSSCHIEDUNG
VON ZINK-65 IN HENNEN UND HÄHNEN

Inaugural-Dissertation
zur Erlangung der tiermedizinischen Doktorwürde
der Tierärztlichen Fakultät der Ludwig-Maximilians-Universität
München



von
Georg von Kaufmann
aus
Ruhpolding

München 1972

Gedruckt mit Genehmigung der tierärztlichen Fakultät der Universität München

Dekan:	Prof. Dr. E. Dahme
Referent:	Priv.-Doz. Dr. W. Kreuzer
Korreferent:	Univ.-Doz. Dr. H. Tempel

Tag der Promotion: 23. 2. 1973



DISSERTATIONS- UND FOTODRUCK FRANK oHG
8 München 2, Gabelsbergerstraße 15, Tel. 2 8 0 9 0 9 0

INHALTSVERZEICHNIS

	Seite
EINLEITUNG:	1
LITERATUR:	1
CHEMIE:	1
VORKOMMEN:	2
Im Boden;	2
Im Meerwasser;	2
Im Süßwasser;	2
In Pflanzenschutzmitteln;	2
In Arzneimitteln;	3
In Lebensmitteln pflanzlicher Herkunft;	3
In Lebensmitteln tierischer Herkunft;	3
PHYSIOLOGIE:	4
Allgemeine Angaben;	4
Die physiologische Bedeutung des Zinkes bei Tier und Mensch;	4
ZINK-65 ALS RADIONUKLID:	15
Allgemeine Daten;	15
BIOZYKLUS DES ZINK-65:	16
⁶⁵ Zn in Pflanzen;	16
⁶⁵ Zn in Tieren;	16
⁶⁵ Zn im Menschen;	18
⁶⁵ Zn in Lebensmitteln;	18
EIGENE UNTERSUCHUNGEN:	20
Allgemeine Bedingungen, Fütterung und Haltung;	20
Der Vorversuch;	21
Ergebnisse des Vorversuches;	24
Die meßtechnische Erfassung des ⁶⁵ Zn;	24

Die Anordnung der Meßapparatur;	25
Die Eichung der Geräte;	26
Die Bestimmung des stabilen Zinkes;	28
Die Bestimmung des Fett-, Wasser- und Rohproteingehaltes;	29
HAUPTVERSUCH:	
Die Bedingungen und die Versuchsanordnung;	29
ERGEBNISSE UND BESPRECHUNG DER ERGEBNISSE:	
Die gesundheitliche Beeinträchtigung;	32
Die Resorption von ^{65}Zn ;	32
Das Verteilungsmuster von ^{65}Zn ;	34
Die biologischen Halbwertszeiten der Organe;	39
Die ^{65}Zn Konzentration in den Eiern;	40
Die Ausscheidung von ^{65}Zn ;	40
Das Verhältnis $^{65}\text{Zn} : \text{Zn}$;	41
Der Zusammenhang zwischen ^{65}Zn und Rohprotein, Wasser und Fett im Muskel;	43
DISKUSSION:	45
ZUSAMMENFASSUNG:	
SUMMARY:	52
LITERATURVERZEICHNIS:	54
LEBENS LAUF	58

EINLEITUNG:

Wissenschaftliche, waffentechnische und technische Nutzung spaltbaren Materials führen zur Kontamination unserer Umwelt mit radioaktiven Substanzen. Für die Kontamination von Lebensmitteln tierischen Ursprungs verdienen Radionuklide stabiler Elemente besondere Beachtung, deren metabolisches Verhalten ihre Anreicherung, vor allem in eßbaren Bestandteilen der Schlachttierorganismen, begünstigt. Sporadische Angaben lassen vermuten, daß dies unter Umständen auch für ^{65}Zn zutreffen könnte. Zur Ermittlung des gesundheitlichen Risikos beim Verzehr ^{65}Zn -kontaminierter Lebensmittel tierischer Herkunft wären Untersuchungen über Resorption, Verteilung, Verteilungsmuster, Verweildauer und Ausscheidung des ^{65}Zn im Organismus Voraussetzung. Diese Fragen sollten in der folgenden Arbeit für das Huhn geklärt werden.

Geflügel ist bekanntlich eine wesentliche Eiweißquelle für die Ernährung unserer Bevölkerung. Die günstige Haltung und Fütterung des Hausgeflügels machen es für derartige Untersuchungen besonders geeignet.

LITERATUR:

CHEMIE:

Zink zählt zu den unedlen Metallen. Zusammen mit Cd und Hg steht es in der II (b)-Gruppe des Periodischen Systems. Zn ist zweiwertig und gehört zur IV. Periode wie Ca, Fe, Co, Mn oder Cu. Seine Ordnungszahl beträgt 30, das Atomgewicht 65,38; das spezifische Gewicht 7,14. Sein Schmelzpunkt liegt bei $419,4^{\circ}\text{C}$ (74, 199).

Metallisches Zn ist von bläulich-weißer Farbe und einer eigenartig, spröden Härte. Sein Name soll sich von der zackig-zinkigen Form seines Minerals Galmei herleiten. Die Flamme färbt es blaugrün (145, 199).

Zn ist häufiger ein wesentlicher Bestandteil basischen als sauren Gesteines. Es

kommt hauptsächlich als Zinkblende (ZnS), Zinkspat oder Galmei (ZnCO_3) oder als Kieselzinkerz ($\text{ZnSiO}_4 \cdot \text{H}_2\text{O}$) in den ferromagnesianen Urgesteinen Biotit, Amphibolen und Pyroxenen vor (158, 200).

VORKOMMEN:

In der Häufigkeit seines Vorkommens steht Zn in der Erdkruste zwischen den Elementen Ce und Co an 29. Stelle (48). Ihr Gestein enthält durchschnittlich 0,004 - 0,005 % Zn (201). Heimische Ackerböden beinhalten im Durchschnitt 2,8 %.

In Deutschland gelten die sogenannten Galmeiböden in den Gegenden um Aachen, Osnabrück und in Oberschlesien als besonders zinkreich. Der Boden trägt dort zum Teil eine typische Flora (*Plantae calamariae* wie: Caryophyllaceae = Nelkengewächse, die Violaceae = Veilchengewächse und die Cruciferae = Kreuzblütler), die als Galmeiflora beschrieben worden ist (10, 11, 52, 134).

Für Meerwasser wird als durchschnittlicher Zn-Gehalt $10 \mu\text{g/l}$ angegeben. Im Toten Meer allerdings beträgt er 4,37 mg/l (48, 88).

Schwankungen der Zn-Werte im Meerwasser sollen durch die Meeresfauna und -flora, das Plankton, verursacht werden (88, 99, 100, 140, 141).

Der Zn-Gehalt des Süßwassers unterliegt, in Abhängigkeit vom Zn-Gehalt des Bodens oder der Abwässer, noch weit größeren Schwankungen. Ein Gehalt von 2,3 mg Zn/l für Quellwasser kann deshalb nicht mehr als ein Anhaltswert sein (48).

Zn gelangt aber auch als Bestandteil verschiedener Pflanzenschutzmittel in die belebte Umwelt. Insbesondere seine Verbindungen mit S oder Cl eignen sich gut für diesen Zweck. Ihre Toxizität gegenüber Mikroorganismen macht sie als Fungizide besonders wertvoll. Bekanntere derartige Zn-Verbindungen sind ZINEB^R, ein Äthylen-derivat mit ZnSO_4 -Gruppe, die ähnlich aufgebauten DITHANE Z-78^R, PARZATE^R

und LONACOL^R. In seiner Anwendung wird ZINEB^R in letzter Zeit zunehmend von dem unschädlicheren, manganhaltigen MANEB^R verdrängt. Erwähnenswert erscheint noch das Zn-haltige, auf Benzothiazolbasis aufgebaute Fungizid VANCIDE^R. Geringere wirtschaftliche Bedeutung als Organo-Zinkverbindungen besitzen heutzutage noch Zinkfungizide wie die früher im Weinbau viel verwendete Zink-Bordeaux-Brühe, ein Gemisch aus Zinksulfat und Kalk. Ähnliches gilt von COPOSIL^R, einem Kupfer-Zink-Ammoniumsilikat-Präparat, dem CRAG-FUNGICIDE 658^R, einem Kupfer-Zink-Chromat sowie vom Cadmium-Kupfer-Kalzium-Zinksulfatchromat dem FUNGICIDE 531^R (195).

Zinkhaltige Pflanzenschutzmittel können von Pflanzen auch kutikulär resorbiert werden (11) und gelangen so in Futtermittel des Tieres und auch Lebensmittel tierischer Herkunft.

Eine andere Möglichkeit zusätzlicher Zn-Aufnahme durch das Tier besteht in der Applikation Zn-haltiger Arzneimittel. Die Zinksalze ZnCl_2 , ZnO und ZnSO_4 werden wegen ihrer ätzenden und adstringierenden Wirkung als Adstringens und Ätzmittel verwendet. ZnSO_4 reagiert auf Grund seiner geringeren hydrolytischen Spaltung milder als ZnCl_2 . Bisweilen finden sie noch Verwendung zur Behandlung von infizierten Wunden, z. B. syphilitischen Kondylomen, oder Spülungen der Blase (ZnCl_2), für Conjunctivitis (ZnSO_4), oder bei Hautaffektionen (ZnO). Sie werden allerdings weitgehend durch Antibiotica oder ungiftigere Chemotherapeutica verdrängt.

Der Hauptteil des Zinkes in Futterpflanzen entstammt dem Boden. Ihr Gehalt verbleibt innerhalb gewisser Grenzen in Abhängigkeit von dessen Zn-Gehalt. Der Zn-Gehalt von Pflanzenaschen wird mit 0,3 - 0,6 % (138, 139), der der sogenannten Galmeiflora mit 1,7 - 17,7 % (10), genannt.

Als zinkarm gelten Hackfrüchte, Rüben oder Kartoffeln mit 2 ppm Zn (FS).^{+) Mais, Roggen und Weizen enthalten dagegen bis zu 20 ppm Zn (FS). Ausgesprochen Zn-reich sind Hülsenfrüchte. In Erbsen werden Zn-Werte zwischen 28 - 50 ppm, in weißen Bohnen 200 ppm, in getrocknetem Hafer 70 ppm Zn (FS) ermittelt; in Kleie werden 100 ppm und in Weizenkeimen 200 ppm Zn (FS) genannt (62).}

Lebensmittel tierischen Ursprungs zeichnen sich zum Teil durch beachtliche Zn-Konzentrationen aus. Besonders reich an Zink ist die Leber. Sie kann beim Schlachttier bis zu 100 - 500 ppm Zn (FS) enthalten. Der Zn-Gehalt anderer parenchymatö-

^{+) FS = Frischsubstanz}

ser Organe beträgt in der Regel zwischen 20 - 40 ppm Zn (FS). Hirn wies 12 ppm Zn (FS) auf (62). In Hühnerlebern wurden 104 ppm Zn (FS) ermittelt, in der Skelettmuskulatur 26,2 ppm Zn (FS) (21) bzw. durchschnittlich 31,7 ppm Zn (FS) (152). Der Muskelmagen enthält 127 ppm, der Herzmuskel 138 ppm Zn (FS) (81). Der Zinkgehalt des Hühnereies wird mit 50 ppm (14) bzw. mit 10 ppm Zn (FS) (62) angegeben. Der Hauptteil des Zn ist dabei im Dotter enthalten (59). Rinderblut enthält 5,6 ppm Zn (FS) (62), Kuhmilch 2,8 - 3,7 ppm Zn (FS) (114), Quark 6,0 ppm und Käse bis zu 22 ppm Zn (FS) (62). Der höhere Zn-Gehalt im Quark und insbesondere im Käse erklärt sich, gegenüber der Milch, im wesentlich erhöhten Eiweißanteil. Fischmehl wird in größerem Umfang zu Futtermitteln verarbeitet, seltener auch Krabben und Muscheln. Krabben und Muscheln reichern unter den Meerestieren Zn besonders stark an. In Muscheln fand BATH et al. (15) 15,0 ppm, in Krabben 32,0 ppm Zn (FS). In Fischen erwiesen sich Skelett und Muskulatur, insbesondere ihr gut durchbluteter Teil, als stärker Zn-haltig als die Eingeweide (88, 95).

PHYSIOLOGIE:

Zink ist für den tierischen Organismus ein essentielles Spurenelement. Es ist aber auch für Pflanzen von lebenswichtiger Bedeutung, und Zn-Mangel führt zu Chlorose (8, 25, 40, 138, 139). Sein Wirkungsbereich konzentriert sich auf den Zellstoffwechsel (75). Es fungiert dort in erster Linie als wesentlicher Bestandteil von Enzymen und als Aktivator oder Inhibitor. Dabei ist es vorwiegend im Intermedium lokalisiert (75, 94).

Die Zinkresorption beim Tier geschieht im wesentlichen über das Futter (31). Versuche mit Zn^{65} bei Weidetieren zeigten, daß 70 % der Zn-Aktivität oral und 30 % über die Atemwege aufgenommen werden (30). Die Resorption des Zn im Darm erfolgt im Duodenum und den vorderen Teilen des Ileums (22, 38, 86, 109, 116, 130). Beim Huhn scheinen aber auch die Blinddärme mitbeteiligt zu sein. Die Resorption von Zn in der Schleimhaut von Mundhöhle, Oesophagus, Kropf und Muskelmagen da-

gegen ist unbedeutend (153).

Wesentlich für die Resorption des Zinkes ist auch die Art der Applikation. Bei intramuskulärer Verabreichung enthielten Hähnchen am 1. Tag $95,9 \pm 1,1$ % und am 3. Tag noch $93,1 \pm 1,4$ % des applizierten Zinkes, bei peroraler Verabreichung jedoch nur 45 % am 1. Tag bzw. 22 % am 3. Tag (168, 169). Die Aufnahme von Zn durch die Haut gilt als nicht bewiesen (70).

Die Resorption selbst und der Resorptionsumfang werden von einer Reihe von maßgeblichen Faktoren beeinflusst. Unter ihnen spielen beim Huhn offensichtlich Körpergröße (142) und Alter sowie Rasse eine beachtliche Rolle (70, 91, 168, 169), wie Untersuchungen an Küken und erwachsenen Hühnern ergeben haben. Küken benötigen 70 ppm, Hühner dagegen nur 50 ppm Zn (70). An Zn-Mangel leidende Tiere resorbieren in der Regel intensiver als gesunde (115).

Auch die Futterbeschaffenheit und -zusammensetzung sind von entscheidender Bedeutung für die Zn-Resorption. Die Phytinsäure in verschiedenen Körnerfuttern hemmt die Resorption des Zn; sie bildet resorptionshemmendes, stabiles Zinkphytat. Seine Entstehung macht sich nach Beobachtungen von OBERLEAS (125) und Mc CALL (106) bei Verfütterung von Sojaschrot besonders nachteilig bemerkbar.

Parasitäre Erkrankungen bei Hühnern können die Zn-Resorption ebenfalls negativ beeinflussen, wie TURK et al. in Versuchen mit *Eimeria necatrix* (183), *Eimeria tenella* (181) bzw. mit Coccidien (181, 182) zeigen konnte.

Nutritiv verabreichte Antibiotika wie z.B. Chlortetracyclin, Oxytetracyclin, Erythromycin oder Bacitracin bleiben ohne Auswirkungen auf die Zn-Resorption (179, 180).

EDTA (= Ethylenediaminetetraacetic acid)-Gaben in einer Konzentration von 0,156 % förderten, darüberliegende Dosen hemmten beim Haushuhn die Zinkresorption (166, 167, 191). Von 4-wöchigen Küken wurden, bei gleichzeitiger Zufütterung von EDTA, selbst toxische Dosen an Zn ohne gesundheitliche Störungen toleriert.

Die Applikation von Vitamin D₂ und D₃ beeinflusste, nach Untersuchungen von SCHISLER (154, 155) und WASSERMANN (194), bei Küken mit Zn-Mangel, weder bei verminderter noch bei erhöhter Zinkzufuhr, die Zn-Resorption. Seinerseits aber unter-

stützt Zink die Wirkung des Vitamin D auf die Knochenmineralisation und Eischalenbildung beim Küken bzw. der Legehennen (45, 150). Dabei scheint aber auch anderen im Futter enthaltenen Spurenelementen, eine gewisse Bedeutung zuzukommen (32, 81, 82, 83, 92). Kupfer erhöht bei unseren Haussäugetern die Zn-Resorption beachtlich (135). Mangan dagegen soll im Parenchym ein konstantes Mn : Zn-Verhältnis initiieren; HARVEY (67) gibt dafür ein Mn : Zn-Verhältnis wie 1 : 0,56 an. Eine Erhöhung des Magnesiumspiegels bewirkt jedoch zunehmende Zn-Verarmung (166). Ohne Auswirkungen auf den Zn-Haushalt bleibt nach Untersuchungen von SAVAGE et al. (151) Kalzium (80). Bei Rindern soll jedoch, wie HAARANEN (61) ermittelte, eine Erhöhung des Futterkalziums um 0,1 % den Zn-Bedarf um 16 ppm steigern.

Der Zinkgehalt der Organe ist primär von ihrer Stoffwechselaktivität, aber auch von ihrem Durchblutungsgrad, bestimmt (20, 175). Die Angaben über den Zn-Gehalt von Geweben des Wirbeltierorganismus bewegen sich zwischen 10 - 200 ppm Zn (FS). Im Mittel liegen sie zwischen 20 - 30 ppm Zn (FS) (189).

Der menschliche Organismus enthält an Zn 4-5 g und damit fast ebensoviel Zn wie Eisen (75). Gewebespezifisch determinierte Konzentrationsunterschiede in ihnen werden unter anderem auch von BERGMANN (13) mit ihren verschiedenen Dichten erklärt.

Als ausgesprochen Zn-reich gelten Genitalien, Leber, Niere, Auge, Ammonshorn und Pankreas sowie die Speicheldrüse bei Mensch und Tier (38, 135). Ihr Zn-Gehalt steht in gewisser Abhängigkeit zu ihrer Durchblutung. Stark durchblutete, rote Muskulatur enthielt nach Untersuchungen von SIMAKOW (160) 141 ppm Zn (FS), die weiße, weniger durchblutete nur 29 ppm. Der Unterschied im Zn-Gehalt von roter und weißer Muskulatur wird von BRYAN (20) und TENNANT (175) mit dem erhöhten Gehalt des besser durchbluteten, roten Muskels an Enzymen, wie Glutamindehydrogenase, Milchsäuredehydrogenase und Kohlensäureanhydrase, in Zusammenhang gebracht (76, 187, 188, 203, 204).

V. BUDDENBROCK (21) gibt als Zn-Gehalt für das Blut der Hühner 34 ppm, für Milz 98 ppm, Niere 142 ppm, Leber 103,8 ppm, Eierstock 106,5 ppm, Gehirn 78 ppm, Muskulatur 26 ppm, Netzhaut 298 ppm und Aderhaut 338 ppm Zn (FS) an.

Im Organismus von Wirbeltieren werden im Blut 5 - 14 ppm, im Plasma 3 - 7 ppm, im Serum 1 ppm, in der Leber 40 - 150 ppm, im Pankreas 18 - 30 ppm, in der Milz 40 - 50 ppm, in der Prostata 470 - 530 ppm und in den Hoden 160 - 320 ppm Zn (FS) (48) ermittelt.

Bei parenchymatösen Erkrankungen sollen der Zn-Gehalt in der Leber und dem Blut signifikant abnehmen; dem läuft eine Gammaglobulinvermehrung parallel (135).

Nach der Resorption wird das Zn in den Schleimhäuten des Darmes, in dem Pankreas, den Nieren, den Erythrozyten und der Leber metabolisiert, dann in Knochen, Haut und Federn gespeichert (45, 107, 126, 130, 174). Versuche von KIENHOLZ et al. (78, 79) mit Hühnern ergeben, daß der Zn-Gehalt ihrer Organe weitgehend vom Proteinmuster des Futters abhängt. Bei einer Fütterung der Hühner auf Caseinbasis enthielt die Leber 152 ppm, bei Sojabasis 133 ppm und bei Sesambasis 90 ppm Zn (78). Vier Wochen alte Küken wiesen die höchsten Zn-Konzentrationen in den Federn mit 141,8 ppm und im Pankreas mit 91,9 ppm auf (152).

Zink kann im Blut locker oder fest gebunden vorliegen. Locker gebundenes Transportzink (190) ist im Blut vorwiegend über Sulfhydryl- oder Imidazolgruppen an dessen Proteinbestandteile gebunden. Zn scheint eine gewisse Affinität zu dem Bluteiweiß zu besitzen (75, 96). Von den 12 % Zn des Plasmas sind etwa 4 % locker im Serum gebunden und 8 % fest über die Globulinfraktion im Plasma. Als Trägersubstanz soll dabei Transferrin eine Rolle spielen (70). Der Serumzinkwert kann bei Hyperthyreose erhöht sein (38). Das Blut-Transportzink wird zunächst an das Parenchym abgegeben und später wieder über das Blut in die Gewebe des "large zinc pool" wie Skelett, Muskulatur, Haut und Haare umgelagert (54).

Der hautnahe Abschnitt der Haare enthält weit mehr Zn als die Haarspitzen. Bei Fe, Cu und Mn bestehen gesicherte Unterschiede in ihrer Verteilung innerhalb des Haares nicht (7).

Beim Rindermuskel fand SWIFT et al. (172) zwischen Zn und Wasser eine Korrelation (von $0,912 \pm 0,046$ %) sowie zwischen Wasser und Protein. Zn ist im Muskel an der Hydrierung der Muskelproteine wesentlich beteiligt und erniedrigt außerdem das Muskelwasser (63).

Das Auge ist sehr zinkreich; allerdings verteilt sich in ihm Zn recht unterschiedlich.

Das meiste Zn enthalten Iris und Chorioidea, weniger zinkhaltig ist dagegen die Linse. Der hohe Zn-Gehalt in Iris und Chorioidea wird mit der Pigmentierung in Zusammenhang gebracht (48, 118). Versuche an einem mit Dithizon - einem Reagenz zur Bestimmung bestimmter Schwermetalle - behandeltem Tapetum lucidum führten, durch Zinkausfällung, zum Erblinden (98).

Zn-Mangel vermindert bei Hühnern die Sperma- und Eiproduktion (155, 164, 165). Außerdem zeigen die Eier eine erheblich reduzierte Schlupffähigkeit (45, 135). Bei Ratten mit Zn-Mangel berichtet DÖRNER (38) über Degenerationserscheinungen an den Genitalien. Auch von ABSHAGEN (1) werden beim Rind derartige Degenerationen bis zur Funktionsunfähigkeit innerhalb zweier Generationen auf längeren Zn-Mangel zurückgeführt. Generell wird Zn als unumgänglich für die Erhaltung des Keim-epithels und zur Spermareifung erachtet.

Das Ei weist einen mittleren Zn-Gehalt von 9,8 ppm bzw. 11,9 ppm (161) Zn (FS) auf. Davon sind im Dotter 50 ppm Zn (14). Das Eiklar soll nur Spuren an Zn beinhalten (59, 147), die Schale ist praktisch zinkfrei.

Eier von Legehennen, die täglich, zusätzlich zum Futter, 70 ppm Zn erhielten, wiesen eine wesentlich erhöhte Zinkkonzentration auf (80).

Für getrocknetes Eialbumin gibt MILLER et al. (114) einen Zn-Gehalt von 2,5 ppm an.

Die Beifütterung von 1 kg Zinkmethionin pro Tonne Futter ergab, nach Untersuchungen von HARBAUGH (66), eine höhere Legeleistung der Tiere bei niedrigerem Futterverzehr. Anstatt 2,07 kg Futter werden von 12 Hennen nur 1,89 kg verbraucht. Allerdings verminderte sich dafür das Eigewicht um ca. 1 %, von 61,47 g auf 61,07 g.

Die Leberzelle benötigt für ihren Stickstoff- und Phosphorstoffwechsel Zn. Sowohl der Phosphatase- als auch der Fettgehalt sind davon weitgehend abhängig (148). Der durchschnittliche Zn-Gehalt der Leber des Huhnes beträgt nach Angaben von v. BUDDENBROCK (21) 103,8 ppm Zn (FS). Für die Leber des Rindes werden von FLASCHENTRÄGER (48) vergleichsweise 37 ppm angegeben. Zn ist in der Leber ne-

ben Fe das häufigste Schwermetall (48, 75). Bei erhöhter Zn-Zufuhr hält die Leber ihren Gehalt an Zn ziemlich konstant wie Versuche mit Ratten, Katzen und Hunden zeigten. Eine geringfügige Zunahme ihrer Zn-Konzentration während der Zn-Zuführung ging nach deren Absetzen sofort wieder auf die übliche Norm zurück (159).

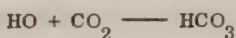
Zink ist Bestandteil wesentlicher Hormone und Enzyme.

Insulin, ein Hormon der β -Inselzellen des Pankreas, enthält 0,15 - 0,5 % Zn (53). Es baut bekanntlich den Blutzucker in der Leber und Muskulatur zu Glykogen auf. Zn-Mangel induziert deshalb via Insulin eine Störung des Kohlenhydratstoffwechsels und kann damit die Ursache von Diabetes mellitus sein (203). Ob Zn Insulin allerdings direkt beeinflusst, gilt noch als fraglich (162).

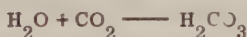
Zn ist zur Assoziation zweier oder mehrerer Peptide zum Polypeptid Insulin erforderlich. Es kommt dabei zwischen zwei Histidinresten zu liegen (75).

Die Carboxypeptidase, ein Ferment in Pankreas, Niere und Milz, beinhaltet ebenfalls Zn (75). Sie wirkt vor allem bei der Spaltung von Peptiden zu Aminosäuren im Duodenum mit (153).

Auch die Kohlensäureanhydratase, ein maßgebliches Enzym im Zellstoffwechsel und wesentlich an der Zellatmung beteiligt, enthält etwa 0,2 - 0,3 % Zn. Es katalysiert die Reaktion



oder



Bei Zn-Entzug büßt das Ferment seine Wirkung vollständig ein. Ihm kommt daneben Bedeutung für die Zn-Konzentration stoffwechselaktiver Organe zu (76, 187, 204).

Zn-haltige Fermente sind ferner die alkalische Phosphatase, ein Enzym des Zellstoffwechsels (170), das Zn zur Erhaltung seiner Konformation benötigt (75, 157) und die Galaktose - DH (= Dehydrogenase); sie ist gleichfalls ein Enzym des Zellstoffwechsels. In Verbindung mit ATP (= Adenosintriphosphat) ist sie an der Dehydrierung beim Abbau der Galaktose beteiligt (47, 137). Zn, aber auch Fe und Cu, inaktivieren das Ferment (33, 34, 39).

Außerdem beeinflusst Zn die Wirkung von Glutaminsäuredehydrogenase (38) und Bernsteinsäureoxydase (89), Fermente, die ebenfalls vorwiegend in den Zellstoffwechsel

eingreifen.

Zinkmangel führt im Zellstoffwechsel, insbesondere in deren Kohlenhydrat- und Proteinstoffwechsel, zu teilweise schweren pathognomonischen Ausfalls- bzw. Krankheitserscheinungen (21, 75, 86, 153).

Als typisch für Zn-Mangel können parakeratotische Erscheinungen angesehen werden. Sie sind meist von einer starken Abnahme des Zn-Gehaltes in den Organen begleitet. Beim erwachsenen Huhn äußern sich Zn-Mangelerscheinungen primär in Dermatitis, degenerierenden Federfollikeln und anschließender Mauser (135), beim Küken in Verkürzung von Femur und Tarsometatarsus sowie durch Verwachsung der Sprunggelenke (120). Sie resultieren vermutlich aus einer Einschränkung der Phosphataseaktivität im Epiphysenbereich (164). Diese kann nach EWING (45) auf 20 % ihrer ursprünglichen Wirkung reduziert werden. Zn-Mangel geht auch häufig mit schlechter Futterverwertung und einer Leistungsminderung einher. Störungen des Flüssigkeitshaushaltes (163) des Huhnes durch Zn-Mangel können dabei die Wasseraufnahme derartig verändern, daß sich die Hämokonzentration und damit der Hämatokritwert sowie der Hämoglobingehalt erhöhen (135). Zn-Mangel oder intensive Kalziumbeifütterung vermindern den Zn-Gehalt in Eiern um 50 % und mehr. Die Schlupfrate auffallend zinkarmer Eier ist schlecht. Dennoch geschlüpfte Küken zeigten Mängel in der Entwicklung und im Knochenbau (16, 69, 79, 104, 135, 164, 165, 185, 204).

Als Ursachen für den Zn-Mangel werden beim Geflügel vor allem ungenügende Trinkwasserversorgung (36), zinkarme Futtermittel oder zinkresorptionshemmende Zusätze erachtet. Als provozierend gelten Getreidemastfutter, Fischmehl, Sojaschrot oder sonstige Eiweißkonzentrate sowie stark kalziumhaltige Mineralstoffzusätze wie z. B. Schlemmkreide (35, 57, 77, 125, 153, 186).

Parakeratotische Erscheinungen geben sich beim Kalb durch Haarausfall, starke Verhornung, Kümern und Skelettfehler zu erkennen (3). Auch parakeratotische Veränderungen am Schwanz und den Schenkelinnenflächen von Mastbullen werden von LÜCKE (101) als Anzeichen mangelnder Zn-Zufuhr gewertet. Milchkühe mit Zn-Mangel zeig-

ten Juckreiz, Hautschädigungen, Alopezie, verringerte Fruchtbarkeit und verminderte Milchleistung (61, 93).

Beim Schwein konnte 1955 die Parakeratose von TUCKER und SALMON (177) als klassisches Zn-Mangelsymptom nachgewiesen werden. Sie manifestiert sich letztlich in einem gestörten Säure/Basenverhältnis der Haut als Folge einer Harnsäureanreicherung. Das schwindende Stratum corneum führt, vor allem an den hinteren Schenkelpartien (36), zu Seborrhoe, Krusten- und Rhagadenbildungen. Weiter wird bei Zn-Mangel von verminderter Futter- und Wasseraufnahme, Wachstums- und Fortpflanzungsstörungen berichtet (35, 135, 136). Auch Funktionsausfälle des zentralen Nervensystems, Pigmentmangel sowie Fermentdysfunktionen sind als Zn-Mangelfolgen beim Schwein von LEIBTSEDER (94) genannt worden.

Bei einem Zn-Gehalt im Futter von weniger als 40 - 30 ppm traten beim Ferkel parakeratotische Erscheinungen auf; 40 - 100 ppm Zink im Futter verhinderten sie (77, 186). Bemerkenswert scheint noch die Beobachtung von UNDERWOOD (186) und KERNKAMP (77), daß Ferkel zinkmangelleidender Muttersauen in Knochen und Leber nur 25 % des Zn-Gehaltes gesunder Tiere enthielten.

Für Hühner wird ein Zn-Gehalt von 50 ppm (TS), bei Küken ein Gehalt von 70 ppm Zn (TS)⁺⁾ im Futter (70) als ausreichend zur Deckung des Zinkbedarfes angegeben. Als optimale Tagesration für Junghühner werden 45 - 55 ppm Zn im Futter (TS), für Althühner 20 - 35 ppm Zn (TS) erachtet. Von EWING (45) wird jedoch darauf hingewiesen, daß landläufiges Hühnerfutter diese Zn-Konzentration meist nicht erreicht (45/165).

Rind und Schwein benötigen jedenfalls im Futter einen höheren Zn-Anteil als das Huhn.

Rinderfutter mit normalem Kalziumgehalt soll 45 ppm Zn enthalten (61). MEYER (110) gibt für Mastrinder bis zu 50 ppm an.

In Schweinefutter wird ein Zn-Gehalt von 50 - 100 ppm (TS) als ausreichend erachtet (77, 94, 186). Schweinemastfutter soll nicht weniger als 80 ppm/kg aufweisen.

Hühner erweisen sich gegenüber Zn als weitgehend unempfindlich. Als Dosis letalis

⁺⁾ TS = Trockensubstanz

werden von KLUSSENDORF (84), ROBERSON (144) und TAHARA (173) für das erwachsene Huhn 2000 ppm, für ca. 4 Wochen alte Küken 3000 ppm genannt: ohne Komplikationen tolerieren Hühner auch noch 1000 - 1500 ppm Zn (45, 108).

Empfindlicher reagieren Säugetiere: bei Läufern führt schon ein Zn-Anteil von 0,01 % im Futter zu Störungen (19), 50 - 500 ppm Zn z.B. durch Magermilch verfüttert, sind für sie letal (27), Ratten vertragen bis zu 5000 ppm Zn (56).

Die Symptome einer Zinkintoxikation, aber auch die anderer Schwermetalle, sind oft sehr unspezifisch und erschweren so die Diagnose. In akuten Fällen werden bei Rindern oft blutiger Kot und Krämpfe begleitet von Diarrhoe, Erbrechen und Herzinsuffizienz bis zum Kollaps beobachtet; bei Vergiftungen nach Einatmen von Dämpfen, Dyspnoe sowie Lungen- und subkutane Emphyseme. Chronische Intoxikation geht häufig mit Obstipation, Leistungs- und Wachstumsminderung, Leberschädigungen und Muskelschwächen sowie Husten einher. Die Prognose ist ungünstig, lediglich im Anfangsstadium besteht Hoffnung auf Heilung (5, 12, 121, 128, 129, 133, 146). Zur Therapie werden allgemein Adsorbentien, Mucilagines oder Kalziumversenat und Eisenhydroxydlösung als Antidot empfohlen.

Als Ursachen von Zn-Intoxikationen werden mit Zn-Verbindungen, z.B. Zn-haltigen Schädlingsbekämpfungsmitteln verunreinigtes Futter oder Tränkwasser beschrieben; die Aufnahme kritischer Mengen Zn mit der Atemluft durch Zn-haltigen Staub nach Schweiß- und Schleifarbeiten im Stall, kann zu Zn-Vergiftungen führen. Nicht selten sind Intoxikationen auch durch Belecken von verzinktem Gerät, verzinkten Röhren oder mit Zn-haltigen Farben (Zinkweiß, Lithophone) gestrichenen Gegenständen und imprägnierten Hölzern (27, 97, 118, 195). Auch nach falscher Medikamentation von Zinkpuder, -salben, -azetaten und -benzoaten werden Zn-Intoxikationen beschrieben (27).

Injektionen von Zn-Salzen erzeugen Neoplastome; MICHALOWSKY (111) und THOMAS (176) konnten bei Hähnchen Teratome und bei Ratten Liposarkome initiieren. Andere Schwermetallionen können gleiche Reaktionen hervorrufen (9). Zn-Mangel soll jedoch die Entstehung von Autoplastomen begünstigen (2).

Der Zn-Gehalt tumorös entarteten Gewebes liegt häufig niedriger als der im gesunden. CARRUTHER (23) ermittelte im tumorösen Frischgewebe von Mäusen eine Zinkkonzentra-

tion von 0,038 ppm Zn, in gesundem Gewebe gleicher Art von 0,052 ppm. BAUER (9) berichtet, daß im Tumorgewebe der Maus etwa 1/3 weniger Zn enthalten ist, als im Gewebe gleicher Lokalisation bei gesunden Mäusen. Auch beim an Krebs erkrankten Menschen war der Blutzinkgehalt erniedrigt (9, 85); er betrug nur noch 4,6 ppm, gegenüber 6,4 ppm beim gesunden. Bei Vorliegen maligner Tumore wird von DÖRNER (38) auch eine signifikant erhöhte Zn-Anreicherung im Urin gefunden. Er vermutet, daß Zn im Tumorstoffwechsel wahrscheinlich primär als Bestandteil wichtiger Fermente, eine bedeutsame Rolle spielt. GREENSTEIN (58) und WOODARD (205) haben im tumorösen Gewebe vom Normalen abweichende Schwankungen des Phosphatasegehaltes beobachtet.

Unterschiedliche Angaben werden zum Zn-Gehalt der DNS in Tumorzellen gemacht. TUPPER et al. (178) berichten von einer Anreicherung des Zn in der DNS von Tumoren, die HEATH (68) jedoch in der DNS von Zellkernen tumorösen Gewebes nicht finden konnte.

Oral oder intravenös appliziertes Zn wird schon innerhalb der ersten Tage in der Leber, im Pankreas und der Niere angetroffen; von hier gelangt es sehr bald in Knochen, Haut, Federn oder Haare (103, 105, 107, 151, 159). Versuche von LEIBETSEDER (90) beim Eber ergaben, daß in extrazellulären Räumen und den meisten weichen Geweben ein rascher Zn-Austausch stattfindet.

Der Anteil an "rasch austauschbarem" Zn betrug 30,7; 69,3 % waren in den Geweben mit "langsam austauschbarem" Zn wie Haaren (1,13 %), Haut (4,64 %), Knochen (25,23 %) und Muskulatur (0,27 %) sowie dem zentralen Nervensystem (42,38 %) enthalten (94).

Im Blut erreicht verabreichtes Zn 4 Stunden p. appl. sein erstes, nach einem Abfall bis zur 6. Stunde und allmählichem Wiederanstieg, sein absolutes Maximum am 9. Tag (168, 169). Nach Untersuchungen von SUSO und EDWARDS (168, 169) ist die Resorption wie auch die biologische Halbwertszeit beim Huhn weitgehend vom Alter und der Rasse der Tiere abhängig. Mit zunehmendem Alter konnten sie eine Verlängerung der biologischen Halbwertszeit beobachten. Sie betrug bei Eintagsküken 17,3 Tage, bei 18-wöchigen Hähnchen hingegen 19,8 Tage nach oraler Verabreichung

einer ⁶⁵Zn-Dosis.

Von LEIBETSEDER (94) werden als Verweildauer des Zn in einigen Organen des Schweines folgende Zeiten angegeben.

Leber	5,04 Tage	Hoden	706,95 Tage
Lunge	0,67 Tage	Knochen	1193,60 Tage
Milz	19,23 Tage	Muskeln	12300,85 Tage
Pankreas	5,49 Tage	Großhirn	5406,25 Tage

Die Ausscheidung von ⁶⁵Zn beim Huhn erfolgt im wesentlichen über den Kot. Sein Zn-Gehalt soll zu einem nicht unbeachtlichen Teil den Sekreten von Pankreas und Dickdarm entstammen (119, 145). Der Kot beinhaltet beim Geflügel auch den über die Niere ausgeschiedenen Zn-Anteil. Außerdem erfolgt noch eine Ausscheidung über die Abnützung der Federn (48).

Legehennen scheiden Zn auch über das Ei aus (14, 59).

Zn wird vom Huhn, besonders in den ersten Tagen nach seiner Applikation, primär über den Kot ausgeschieden (81). SUSO et al. (168) ermittelten innerhalb der ersten 12 Stunden p. appl. eine Zn-Ausscheidung von 25 % der verabreichten Zn-Menge. Sie stieg nach 24 Stunden auf ca. 56 % und nach 48 Stunden auf ca. 79 % an.

Bei 4 Wochen alten Küken, die mit caseinhaltigem Grundfutter ernährt wurden, betrug der Harnzinkanteil ca. 43 %, der Kotzinkanteil 64 %. Nach Zn-Zusatz zum Futter verschob sich die Relation zugunsten des über den Darm exkretierten Zn im Kot. Er betrug jetzt 68 %; entsprechend verminderte sich der Harnzinkanteil (152).

Im Vergleich dazu schieden Bullen 70 % des applizierten Zn im Kot aus, 0,3 % wurden über den Harn exkretiert; der Rest wurde verwertet (135). Eber schieden ca. 60 % der verabreichten Dosis an Zn im Kot und nur 0,1 % im Harn aus (94).

In den Federn des Huhnes werden von SAVAGE et al. (152) 121,8 ppm Zn ermittelt. Nach Beobachtungen von TURK (184) variiert ihr Zn-Gehalt allerdings stark in Ab-

hängigkeit zum Zn-Anteil des Futters.

Eier tragen ebenfalls, aber in geringem Umfang, zur Zn-Ausscheidung bei Legehennen bei. Der Zn-Gehalt des Eies wird von HALDEN (62) und GROSSFELD (59) mit 5 - 10 ppm angegeben. Bei einer durchschnittlichen Legeleistung von 220 Eiern pro Legeperiode (17) entspräche das einer Zinkausscheidung von 1 mg Zink in 3 Tagen.

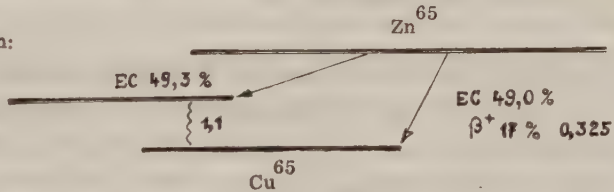
^{65}Zn ALS RADIONUKLID

^{65}Zn entsteht als Folgeprodukt des radioaktiven Zerfalles von ^{65}Ga . Unter den Radioisotopen des Zinkes - 15 sind davon bekannt - ist es das langlebigste. Als physikalische Halbwertszeit werden 245 (50, 65) bzw. 250 Tage (156) angegeben.

^{65}Zn ist ein komplexer Strahler, der unter Emission von $^+\beta$ - und γ -Strahlung zu stabilem $^{65}_{29}\text{Cu}_{36}$ zerfällt.

Die maximale Energie seiner β -Strahlung beträgt 0,325 MeV, die mittlere Energie 0,1 MeV (50). Als maximale Energie der emittierten Protonen findet man auch 0,32 MeV angegeben für die der γ -Strahlung 1,12 MeV (65, 156).

Zerfallsschema ^{65}Zn :



^{65}Zn entsteht nicht unmittelbar beim Kernzerfall, sondern unter der Einwirkung induzierender Neutronenstrahlung auf Substanzen in der Umgebung des mittelbaren Ereignisses z.B. bei Kernwaffenexperimenten auf das Material des Bombenmantels; außerdem fällt es im Reaktorbetrieb als Induktionsprodukt der Kühlmedien Luft und Wasser an. Seine Herstellung im Reaktor erfolgt im wesentlichen aus ^{64}Zn durch eine Neutronen- oder γ -Strahlung bzw. aus ^{65}Cu (46, 64, 65, 72, 196, 197). Die physikalische Halbwertszeit der übrigen Radionuklide des Zinkes, ^{60}Zn , ^{61}Zn , ^{62}Zn , ^{63}Zn , ^{64}Zn , ^{66}Zn , ^{67}Zn , ^{68}Zn , ^{69}Zn , ^{70}Zn , ^{71}Zn , ^{71a}Zn , schwankt zwischen wenigen Minuten bis zu 49 Stunden im Falle des ^{72}Zn .

BIOZYKLUS:

^{65}Zn kann im Verlaufe von Kernwaffenexperimenten und im Reaktorenbetrieb (27, 42, 131, 132) gebildet werden. Es wurden im Fallout der ersten, am 17. Juni 1967 in der Wüste Tarim, NW-China, gezündeten chinesischen H-Bombe, der im September 1967 durch die Versuchsstation Brunswik im Staate Georgia, USA - erfaßt wurde, nachgewiesen (73, 87).

Zn kann von der Pflanze in beachtlichen Mengen kutikulär resorbiert werden. Es überrascht deshalb nicht, wenn bei einem Fallout oder bei Kulturen, die mit ^{65}Zn -haltigem Wasser berieselt oder beregnet wurden, die Pflanzen eine intensivere ^{65}Zn -Anreicherung zeigen (4, 11, 60, 102, 124, 131).

Die mittlere Beweglichkeit - eine Bezeichnung für die Transportgeschwindigkeit verschiedener Stoffwechselprodukte und Salze in der Pflanze - von Zink in Pflanzen ist, ähnlich wie bei Fe, relativ hoch (202), was eine rasche Verteilung kutikulär resorbierten Zn begünstigt. Wie ^{60}Co , ^{137}Co , ^{22}Na wird ^{65}Zn unter die Radionuklide mit mittlerer Radiotoxizität eingeordnet (72).

Das Huhn besitzt von unseren Haustieren die höchste Strahlenresistenz. Das weibliche Tier erwies sich dabei widerstandsfähiger als das männliche (29). Als maximal verträgliche Dosen werden für das Junghuhn 900 r/Tier, für Hähne 600 r/Tier und für die Henne 1000 r/Tier angegeben (95).

Die Verträglichkeit ionisierender Strahlen für die anderen Haustiere zeigt folgende Tabelle:

Tierart	gefährlich	kritisch	letal
Ziege	22	90	600
Schwein	25	100	700
Hund	25	100	700
Rind	30	120	800
Pferd	40	160	1150
Kaninchen	50	200	1400

Angaben in r/Durchschnittstier

Strahlenerkrankte Hühner zeigen anfänglich auffallende Kopfbewegungen, beginnen nach einigen Tagen zu kümmern und verharren häufig in einer Art Schlafstellung. An Kämmen und Kehllappen zeigen sich Ödeme; beobachtet werden ferner Atemnot, eitriger Schnabelausfluß, grünlicher Kot und Mauser. Die Legeleistung erfuhr erst ab einer Strahlendosis von 500 - 600 r/Tier eine wesentliche Beeinträchtigung; 100-200 r/Tier blieben noch ohne Einfluß (95).

Als biologische Halbwertszeit werden von SUSO und EDWARDS (168) bei 8 Wochen alten Küken nach peroraler Applikation 20 - 21 Tage angegeben. Bei intramuskulärer Applikation lag sie zwischen 23 - 43 Tagen (gemessen im "whole body counting system"). Die gleichen Autoren berichten, daß sich die biologische Halbwertszeit nach Zufütterung von 140 ppm stabilen Zn um fast 2 Tage verkürzen ließ. Gleichzeitig verringerte sich auch die ^{65}Zn -Resorptionsquote um etwa 3 % (51, 169).

Hühnereier, die mit bis zu 400 μCi ^{65}Zn beimpft wurden, zeigten unbeeinträchtigte Schlupffähigkeit. Wurde die Injektion auf über 400 μCi erhöht, führte das in kurzer Zeit zum Exitus des Embryos (122).

FOUNTAIN und van DILLA (37) ermittelten bei Rindern, die 1-2 Jahre nach Abschluß der Kernwaffenteste einige Zeit auf oder in der Nähe des Kernwaffentestgeländes von Nevada geweidet hatten, neben ^{137}Cs auch beträchtliche Aktivitäten an ^{65}Zn . Die Lebern dieser Tiere wiesen mehr als das Doppelte der ^{65}Zn -Kontamination im Fleisch auf. Dabei enthielten die Lebern weiblicher Tiere in der Regel mehr ^{65}Zn als die von männlichen (129). OTT (128, 129) hatte dagegen in der Leber von Jungbullen die höhere ^{65}Zn -Kontamination festgestellt.

Auch Knochen und Haare von Rindern wiesen beachtliche Aktivitäten an ^{65}Zn auf, wenn sie, wie in Betrieben 30 Meilen unterhalb des Hanford-Reaktors, mit ^{65}Zn -haltigem Wasser aus dem Columbia-River berieseltes Futter aufgenommen hatten. In diesen wurde das Kühlwasser des Hanford-Reaktors eingeleitet (49, 131, 132).

Beträchtliche ^{65}Zn -Aktivitäten waren nach dem Kernwaffenexperiment 1954 im pazifischen Raum auch in Haaren, Knochen und Muskeln von Bewohnern der Marshall-

inseln angetroffen worden (41, 112, 142, 174). Die Höhe der ^{65}Zn -Retention im Organismus scheint nach von OTT (129) und ORR (127) an Mäusen und Ratten durchgeführten Untersuchungen zumindest bei diesen Tierarten auch von jahreszeitlich bestimmten Unterschieden in ihrer Stoffwechselaktivität beeinflusst zu sein.

Aber auch Zusammensetzung, Verdaulichkeit und Verweildauer des Futters im Darm sind von Einfluß auf die ^{65}Zn -Kontamination des tierischen und menschlichen Organismus (55). MATSUI (105) und OLSON (126) berichteten in Organen und Geweben des Organismus über einen Austausch stabilen Zinkes durch radioaktives.

^{65}Zn in Lebensmitteln tierischer Herkunft; durch Fallout verursachte ^{65}Zn -Kontaminationen teilte 1959 MURTHY (123) mit. Er ermittelte in einer zu etwa gleichen Teilen aus Hühner-, Lamm-, Rind- und Schweinefleisch bestehenden Mischprobe 17 pCi/kg, in Eiern 6 und in Milch 4 pCi ^{65}Zn /kg. Sämtliche Proben waren in Cincinnati, Ohio USA am Markt entnommen worden. Zum Vergleich dazu wurden in Spinat und Kohl von dort 12 pCi ^{65}Zn /kg gemessen.

Aus Yakima im Staate Washington der USA wurde für Rindfleisch ein Wert von 9 pCi ^{65}Zn /kg mitgeteilt. Eine Reihe von Untersuchungen bewiesen, daß ^{65}Zn bei längerer Zufuhr im Organismus von Tier und Mensch beträchtlich kulminiert werden kann (107). Fleisch von Schweinen und Rindern, deren Futter ^{65}Zn enthalten hatte, wies 350 pCi bzw. 5230 pCi/kg auf. In den Lebern der Rinder wurden 11 500 pCi/kg, in den Nieren 5980, den Knochen 5800 und in den Lungen 5110 pCi ^{65}Zn /kg gemessen. Das Fettgewebe dieser Tiere enthielt immer noch 1480 pCi/kg. Der ^{65}Zn -Gehalt ihrer Milch betrug 4880 pCi/kg. In den Eiern von Hühnern aus diesem Gebiet wurden bis zu 220 pCi ^{65}Zn nachgewiesen (131, 132). Das verwendete Futter stammte von Flächen, die mit ^{65}Zn -haltigem Columbia-River-Wasser berieselt worden waren.

Keine oder nur geringe ^{65}Zn -Konzentrationen wurden angetroffen, wenn ^{65}Zn -kontaminiertes Wasser dem Boden in Gräben zugeführt worden war (131, 132). Daß nicht nur die wiederholte Aufnahme von ^{65}Zn mit den Nahrungsmitteln zu einer ^{65}Zn -Retention im Organismus des Konsumenten führt, bewiesen Untersuchungen bei Beschäftigten des Brookhaven-Forschungs-Reaktors (26). Bei innerhalb des Reaktors tätigen Personen wurden pro Kilogramm Körpergewicht bis zu 1136 pCi ^{65}Zn nachgewiesen, bei in

der Nähe des Reaktors arbeitenden Personen 64,5 und bei Beschäftigten in dort vorhandenen Gebäuden um 15,7 pCi (26).

ANDRASI (6) ermittelte für ^{65}Zn im Menschen eine Halbwertszeit von 141,4 Tagen.

EIGENE UNTERSUCHUNGEN:

In den Untersuchungen sollen

1. Resorption, Verteilung, Verteilungsmuster, Verweildauer und Ausscheidung von ^{65}Zn beim Huhn nach einmaliger peroraler Verabreichung ermittelt,
2. Unterschiede im weiblichen und männlichen Organismus festgestellt sowie -
3. Beziehungen zwischen ^{65}Zn und Zn bzw. zum Eiweiß- und Wassergehalt in verschiedenen eßbaren Anteilen des Huhnes fixiert werden.

Ihre Ergebnisse sollten vor allem Anhaltspunkte für die Beurteilung ^{65}Zn -kontaminierter Geflügels als Nahrungsmittel, insbesondere der Abschätzung ihres gesundheitlichen Risikos, erbringen.

Es standen insgesamt 59, zu Versuchsbeginn 46 Wochen alte, weiße Hyline-Leghorn-hybriden für die Untersuchungen zur Verfügung.

Es handelte sich um 32 Hennen und 27 Hähne. Davon wurden 10 Hennen und 6 Hähne für einen Vorversuch ausgewählt. Alle Tiere waren als 14-tägige Küken übernommen worden. Ihre Aufzucht erfolgte in institutseigenen Stallungen. Damit sollte die Gewöhnung der Tiere an die Fütterungs- und Haltungsbedingungen für die Versuchsreihe sichergestellt werden. Vor Versuchsbeginn wurden die Tiere mit Flügelmarken gekennzeichnet und die Käfige numeriert.

Sämtliche Tiere wurden in Versuchskäfigen mit Drahtrosten und Kotsammelblechen aufgestellt. Die 4 Kontrolltiere, alle Hennen und 2 Hähne wurden wegen der separaten Ei- bzw. Kotentnahme in Einzelkäfigen isoliert; die übrigen 25 Hähne wurden in Gemeinschaftskäfigen zu je 4 Tieren gehalten.

Die Tiere erhielten vor und während des Versuches Kükenalleinfutter, das in seiner Zusammensetzung den Anforderungen der DLG-Norm entsprach, und frisches Wasser ad libitum verabreicht.

Das zur Verfügung stehende Futter wies, nach Angaben des Herstellers, folgende Zusammensetzung auf:

30 %	Weizenschrot
24 %	Maisschrot
18,9 %	Sojaschrot, extr.
10 %	Weizenkleie
6 %	Luzerne, Grünmehl
2 %	Fischmehl
2 %	Melasse
1,5 %	Mineralstoffmischung
2 %	Fleischknochenmehl
0,5 %	Molkepulver
2 %	Fett, Rind : Schwein wie 1 : 1
0,5 %	Vitaminvormischung für Geflügel
0,5 %	Kohlensaurer Kalk
0,025 %	antibiotische Vormischung

Seine wertbestimmenden Bestandteile werden mit 18 % Rohprotein, 6 % Rohfaser, 8 % Asche, davon 1 % Ca und 0,7 % P, angegeben.

Vor der Verfütterung war das Futter δ -atomabsorptionsspektrometrisch auf seinen Gehalt an stabilem Zink untersucht worden. ^{65}Zn konnte im Futter nicht nachgewiesen werden, der Stabilzinkgehalt betrug 48,9 ppm.

Die versuchsgerechte ^{65}Zn -Dosierung, die, ohne die Versuchstiere gesundheitlich zu beeinträchtigen, seine δ -spektrometrische Messung im Untersuchungsmaterial nach Möglichkeit ohne vorheriges Veraschen und radiochemische Analyse gestattet, mußte in einem Vorversuch ermittelt werden. Er sollte ferner Aufschluß über eine versuchsrelevante Vor- und Aufarbeitung des Untersuchungsmaterials geben sowie der Ableitung daraus resultierender spezifisch meßtechnischer Probleme bei der δ -spektrometrischen ^{65}Zn -Messung dienen.

Außerdem waren noch für die Versuchsgestaltung wichtige Fragen wie die Festlegung der günstigsten Schlachtermine zu prüfen.

Zur Feststellung der ^{65}Zn -Dosierung fanden 10 Hennen und 6 Hähne Verwendung. Ihnen wurden verschiedene ^{65}Zn -Konzentrationen appliziert, 3 männliche und 4 weib-

liche Tiere erhielten $0,0309 \mu\text{Ci } ^{65}\text{Zn}$, weitere 3 männliche und 2 weibliche $0,309 \mu\text{Ci}$ und die restlichen 4 weiblichen $1,026 \mu\text{Ci } ^{65}\text{Zn}$ pro kg Körpergewicht. Letzteren war damit die 33,3-fache ^{65}Zn -Menge der Minimaldosis von $0,0309 \mu\text{Ci } ^{65}\text{Zn/kg}$ Lebendgewicht appliziert worden.

Ihr Bezug auf kg Lebendgewicht war unter dem Aspekt erfolgt, daß Größe und Entwicklung der Organe im Tierkörper sich ungefähr proportional zum Körpergewicht verhalten und so individuell bedingten Unterschieden in Resorption, Verteilung und Exkretion noch am besten entsprochen werden könnte.

Der Bezug applizierte "Aktivität pro kg Lebendgewicht" hatte sich auch in ähnlichen Versuchen mit ^{137}Cs , ^{54}Mn und ^{60}Co als am zweckmäßigsten erwiesen.

Die ersten 5 Tiere (Gruppe 1) wurden am 1. Tag, 5 (Gruppe 2) am 3. Tag, 5 weitere (Gruppe 3) nach 7 Tagen und das letzte Tier nach neun Tagen p. appl. geschlachtet. In jeder zum gleichen Zeitpunkt geschlachteten Gruppe befanden sich Hennen und Hähne, die entweder $0,0309$, $0,309$ oder $1,026 \mu\text{Ci } ^{65}\text{Zn/kg}$ Körpergewicht erhalten hatten. Damit sollten auch geschlechtsspezifische Reaktionsunterschiede berücksichtigt werden.

Einzelheiten über den Zeitpunkt der Schlachtung der Tiere nach der Verabreichung des ^{65}Zn , Geschlecht, Gewicht der Tiere zum Zeitpunkt der Applikation, Gewicht zum Zeitpunkt der Schlachtung, applizierte ^{65}Zn -Dosis in $\mu\text{Ci/Tier}$ sowie in $\mu\text{Ci/kg}$ können in Tabelle 1 entnommen werden.

Tabelle 1

Zeit in Tagen	Geschlecht m = O, w = O	Gewicht z. Zt.		Gewicht z. Zt. d. Schlachtung	⁶⁵ Zn	
		d. Applikation in g			Applizierte Aktivität (μCi/Tier)	Applizierte Aktivität (μCi/kg)
1	m	2350		2350	0,0724	0,0309
1	m	2280		2290	0,7029	0,309
1	w	2050		2050	0,0626	0,0309
1	w	1950		1950	0,6011	0,309
1	w	1700		1700	1,7467	1,026
3	m	2400		2400	0,0739	0,0309
3	m	2340		2340	0,7213	0,309
3	w	2050		2050	0,0626	0,0309
3	w	1900		1900	0,0586	0,0309
3	w	2450		2450	2,5173	1,026
7	m	2500		2500	0,7707	0,309
7	m	2700		2700	0,0832	0,0309
7	w	2500		2510	0,7707	0,309
7	w	1750		1750	0,0539	0,0309
7	w	2150		2140	2,2091	1,026
9	w	1650		1660	1,6953	1,026

Ergebnisse des Vorversuches ergaben kaum Anhaltspunkte am Schlachtkörper bei seiner Zerlegung für das Vorliegen eindeutig strahleninduzierter Veränderungen; lediglich stärker ^{65}Zn applizierte Tiere wiesen vereinzelt Erscheinungen wie Diarrhoe auf. Ihre Darmschleimhaut war leicht gerötet. Vermutlich dürfte es sich dabei um Diarrhoe anderer Genese gehandelt haben, da sonst mehr Tiere daran erkrankt wären. Außerdem erwiesen sich ^{65}Zn -Dosierungen von $1,026 \mu\text{Ci/kg}$ Körpergewicht als ausreichend um ^{65}Zn in den kleineren Organen Herz, Lunge, Niere, Milz und Pankreas direkt messen zu können, nachdem sie vorher von Fett und anhaftenden Fremdgewebestbestandteilen befreit worden waren. Ein Trocknen wie bei den größeren Organen oder den Massegeweben hätte zuviel Zeit beansprucht und verschiedene meßtechnische Probleme z. B. bei der Eichung aufgeworfen. Die Trocknung der großen Organe wie z. B. der Leber und der übrigen Massegewebe erfolgte im Trockenschrank bis zur Gewichtskonstanz bei einer Temperatur von $104 \pm 1^\circ \text{C}$.

Trotz der erwarteten starken ^{65}Zn -Konzentration in der Leber schien zur Messung die Verwendung des ganzen Lebergewebes angebracht, um mögliche intrahepatische Konzentrationsunterschiede in der Verteilung des ^{65}Zn bzw. Zn auszugleichen.

Die Trocknung ergab darüber hinaus in den Massegeweben mit geringer ^{65}Zn -Aktivität höhere ^{65}Zn -Konzentrationen und damit bessere Ergebnisse innerhalb vertretbarer Meßzeiten.

Die getrockneten Proben wurden mit dem Pistill und Mörser vorzerkleinert und mit einer Schlagmühle homogen pulverisiert.

Von den derart aufbereiteten Proben wurde, zur Messung der ^{65}Zn -Konzentration, ein Anteil in dichtverschließbare Polyäthylenbehälter von einem Durchmesser von 23 mm und einer Höhe von 56 mm eingebracht, wobei die Füllhöhe exakt 25 mm betrug. Dies garantiert optimale Meßbedingungen für die ^{65}Zn -Strahlung.

Die Abmessung der Polyäthylenbehälter entsprach der lichten Weite des zur Messung verwendeten Bohrlochs mit $2 \times 2 \text{ NaJ (T)}$ Kristall.

Die Messung der Federn zur ^{65}Zn -Ermittlung erfolgt in mit Klebefolie verschlosse-

nen Polyäthylenschalen mit einem Fassungsvermögen von 1,5 l. Vor ihrer Einwaage waren die Federn in warmem Wasser mit Detergenszusatz gewaschen und mit Aqua dest. nachgespült worden. Auf diese Weise konnte eine gute Reinigung der Federn von anhaftenden Schmutzpartikelchen und ^{65}Zn erzielt werden. Die Federn wurden primär vom Rücken und der Brust entnommen, nicht aus der verunreinigten Analgegend, um eine Verfälschung der Werte durch mit dem Kot ausgeschiedenes, den Federn anhaftendes ^{65}Zn vorbeugend auszuschließen.

Zur γ -spektrometrischen Messung stand ein Scipp-400-Kanal Impulshöhenanalysator der Firma Victoreen zur Verfügung. Als Detektoren dienten für die Bohrlochmessung ein 2×2 NaJ Bohrlochkristall mit einem Auflösungsvermögen von 9,6 % auf der 0,661 MeV-Linie des instabilen ^{137}Ba und für die Ringschalenmessung (Federn) ein 3×3 NaJ Vollkristall mit 6,3 % Auflösung. Der Bohrlochkristall war zur Abschirmung der Umgebungsstrahlung in einer kombinierten Blei-Kupferkammer mit einer Wandstärke von 113 mm (davon 85 mm Pb 12 mm Elektrolytkupfer und 16 mm Plastik) untergebracht; der Vollkristall in einer Blei-Quecksilberabschirmung, die aus einer 55 mm dicken Pb-Schicht und aus in einem PVC-Ring eingeschmolzenem Hg von 35 mm Mächtigkeit besteht.

Die eingespeicherten Daten wurden über einen Oszillographen sichtbar gemacht und über einen Teletyp-Schreibmaschinen-Klartext ausgedruckt. Die Impulsspeicherung erfolgte über 200 Kanäle. Die Einstellung des γ -Spektrometers wurde dabei so vorgenommen, daß noch Energien von 1,70 MeV eingespeichert werden konnten, woraus pro Kanal eine Kanalbreite von 8,5 KeV resultiert.

Zur ^{65}Zn -Bestimmung wurden die impulsreichsten Kanäle der Peakspitze des Photopeaks der 1,12 MeV-Energielinie des ^{65}Zn verwendet.

Organisches Material enthält unterschiedliche Mengen Kalium, das zu 0,012 % aus dem radioaktiven Isotop ^{40}K besteht, dessen γ -Quanten unter einer Energie von 1,46 MeV emittieren. Seine Strahlung kann zu einer Anhebung der Impulsrate auf der 1,12 MeV-Linie des ^{65}Zn und damit zu einer Verfälschung des Meßergebnisses, nämlich zu höheren ^{65}Zn -Aktivitäten führen, wenn dieser Umstand bei der ^{65}Zn -Messung unberücksichtigt bleibt.

Die quergestreifte Muskulatur zählt zu den kaliumreichsten Geweben des tierischen Organismus. Fast alle anderen Organe und Gewebe, inklusive der Leber, wiesen geringere Konzentrationen an K auf.

In der Rumpfmuskulatur etwa gleich alter Hennen gleicher Herkunft und Aufzucht wie die Versuchstiere konnte man durchschnittlich 2730 ppm K (2500 - 2900) und bei Hähnen durchschnittlich 2540 K (2260 - 2820) ermitteln. Ihre Extremitätenmuskulatur enthielt bei der Henne im Durchschnitt 2685 ppm K (2420 - 2970), bei Hähnen 2553 ppm K (2340 - 2766).

1 mg ^{40}K emittiert in der Minute 0,216 σ^- -Impulse (= I), 8,3 mg ^{40}K 1,793 I, 7,6 mg K 1,642 I. Der Wirkungsgrad für σ^- -Quanten der Energie von 1,12 MeV beträgt 1,218 %, d. h., daß bei 100 Impulsen nur 1,218 I nachgewiesen werden. Die Beeinflussung der ^{65}Zn -Messung durch die Compton-Streustrahlung des energiereichen ^{40}K ist bei der Höheren ^{65}Zn -Impulsrate mit entsprechend kurzer Meßzeit gering und kann vernachlässigt werden. Auch bei geringerer Impulsrate und längerer Meßzeit dürfte er kaum ins Gewicht fallen. Trotzdem wird zur Erfassung eventueller Anhebungen der Impulsrate auf der 1,12 MeV-Linie des ^{65}Zn nicht eine wässrige in ihrem K-Gehalt den Organen angegliche KCl-Lösung verwendet, sondern jeweils die entsprechenden Organe und Gewebe der Kontrolltiere, welche zur Eichung der Meßanordnung mit ^{65}Zn versetzt wurden.

Die Meßzeiten variierten in Abhängigkeit von der ^{65}Zn -Konzentration im Probenmaterial zwischen 10 und 300 Minuten.

Ein methodischer Meßfehler von 1,96 % wurde in der Regel nicht überschritten; er resultierte im wesentlichen aus Unterschieden bei der Präparation und Einwaage der Proben und betrug selbst bei trocken gemessenem Material nicht mehr als 7,5 %.

Zur Eichung, d. h. zur Ermittlung der Ansprechwahrscheinlichkeit der Meßanordnung für die 1,12 MeV Energielinie des ^{65}Zn , wurden aus Organen und Geweben der 4 Kontrolltiere durch Zusatz einer ihrer ^{65}Zn -Konzentration angenäherten ^{65}Zn -Aktivität Eichproben angefertigt. Die Methode des inneren Standards hat u. a. den Vorteil, daß

Dichteunterschiede der Organe und Gewebe bei der Messung entsprechend berücksichtigt werden, wie es bei Verwendung wässrigen ^{65}Zn -Eichstandards oder der einmaligen Erstellung einer Eichkurve nicht der Fall sein kann.

Die Größe der Fläche des Photopeaks ist ein Maß für die Aktivitätsmenge der zu untersuchenden γ -Strahlung, zu der sie sich direkt proportional verhält, und wird durch die Beziehung $I = k \cdot F$ hinreichend exakt beschrieben, wobei

I der Aktivitätsmenge,

F der Peakfläche und

k einem Proportionalitätsfaktor entspricht, der wesentlich von der Probe, der Nachweisempfindlichkeit der Meßanordnung und der Meßapparatur abhängt.

Zur Verwendung des inneren Standards für die Eichung ist er in Eichpräparat und Meßprobe gleich groß und kann deshalb bei der Messung unbeachtet bleiben. Die Strahlung vereinfacht sich auf $I = F$, d. h.: daß die Aktivität eines Präparates durch Vergleich zur Peakfläche mit einer bekannten Aktivität der gleichen Strahlung bestimmt werden kann.

Bei der Eichung ist weiter zu beachten, daß die Ansprechwahrscheinlichkeit eines NaJ-Kristalls von der Energie der eingestrahnten Quanten abhängt; d. h. die Aktivität im Eichpräparat und in den Meßproben dürfen nicht allzu stark differieren. Diesem Gesichtspunkt wurde bei der Anfertigung der Eichpräparate dadurch entsprochen, daß ihnen jeweils eine ^{65}Zn -Aktivität in der Größenordnung, wie sie in den entsprechenden Organen ermittelt worden war, zugesetzt wurde.

Bei zu starken Differenzen in den Aktivitäten innerhalb des gleichen Organes verschiedener Versuchstiere, wie beispielsweise der Leber, wurden mehrere, zumindest 2 Eichpräparate angefertigt, deren Aktivität sich am Organ mit der höchsten und der niedrigsten ^{65}Zn -Konzentration orientiert. Größere Aktivitätsunterschiede in Eich- und Meßproben und ihre Auswirkungen auf das Ergebnis der ^{65}Zn -Bestimmung konnten so vermindert werden. Der Zusatz der ^{65}Zn -Eichaktivität erfolgte bei im Nativzustand gemessenen Geweben direkt zum vorher nach Möglichkeit im Meßbehälter intensiv zerkleinerten Frischgewebe; bei allen getrockneten Organen und Gewe-

ben erst nach ihrer Aufschwemmung in einer bestimmten Menge Aqua dest - zumindest 5 ml - die zusammen mit der zugegebenen Menge ^{65}Zn -Eichlösung eine Füllhöhe von 25 mm ergaben.

Die Messung der ^{65}Zn -Aktivität der Federproben in der Ringschale machte für die Anfertigung des Eichpräparates folgendes Vorgehen erforderlich. Die in der Ringschale eingewogene Menge Federn wurde schichtweise durch Zugabe der Eichaktivität mit der Pipette möglichst gleichmäßig mit ^{65}Zn versetzt. Die Ringschale wurde, nach Abtrocknung der Federn, mit einer selbstklebenden Folie luft- und staubdicht verschlossen. Auf diese Weise konnte eine ziemlich homogene Verteilung des ^{65}Zn im Eichpräparat erreicht werden.

Bei der Herstellung aller Eichpräparate ist auf sorgfältige Durchmischung des Probenmaterials mit der Eichlösung und zur Erzielung gleicher Geometrie vor allem bei der Messung, auch auf gleiche Füllhöhe in den Meßproben und Eichpräparaten geachtet worden.

Der Wirkungsgrad d. h. die Ansprechwahrscheinlichkeit der Meßanordnung für ^{65}Zn bewegte sich für das untersuchte Gewebe und die Organe bei 1,218 %.

Die Zn-Bestimmung erfolgte flammenatomabsorptionsspektrometrisch in einem BECKMAN Atomabsorptionsspektrometer, Modell 444. Die auf ihren Gehalt an Zn zu untersuchenden Gewebe und Organe wurden nach Zerkleinerung und Einwiegen im Trockenschrank vorgetrocknet und anschließend im Muffelofen schonend bei 450°C verascht.

Jeweils 15 mg - das entspricht etwa 0,9 - 1,2 g Frischgewebe, bei der quergestreiften Muskulatur 1 g - wurden in einer 20 ml Küvette mit 1 ml 1n HCl gelöst und mit Aqua dest. auf 20 ml aufgefüllt. Die Lösung wurde zur Atomisierung der Zinkbestandteile in eine Äthylen-Preßluftflamme eingesprüht. Der dadurch bewirkte Intensitätsverlust auf der Resonanzlinie verhält sich proportional zur Zn-Konzentration der versprühten Lösung. Der Vermessung des Untergrundes der zinkspezifischen 213,9 nm Resonanzlinie dient eine in ihrer Zusammensetzung dem durchschnittlichen Mineralstoffgehalt der Vorlage angegliche wässrige Lösung.

Die Eichung des Gerätes erfolgt mit Aliquoten der gleichen Lösung, denen per ml 1, 2 und 4 μg Zn zugesetzt worden waren.

Die Bestimmung von Wasser, Fett und Rohprotein geschah nach den im Laborbetrieb üblichen Routinemethoden,

die Wasserbestimmung durch Trocknen des Probenmaterials im Trockenschrank bei $104 \pm 1^{\circ}\text{C}$ bis zur Gewichtskonstanz,

die Fettbestimmung nach Soxhlet-Henkel - als Extraktionsmittel fand Dichlormethan Verwendung -,

die Rohproteinbestimmung durch Ermittlung des Stickstoffs nach Kjeldahl und Multiplikation mit dem Faktor 6,25.

HAUPTVERSUCH:

Für den Hauptversuch standen 22 Hennen und 21 Hähne im Alter von 46 Wochen zur Verfügung. Davon erhielten 20 Hennen und 18 der Hähne $0,82 \mu\text{Ci/kg}$ Körpergewicht einer wässrigen $^{65}\text{ZnCl}_2$ Lösung durch direktes Einpipettieren und anschließendes Nachspülen in den Kropf verabreicht. 24 Stunden vor der Applikation des ^{65}Zn war den Versuchstieren das Futter entzogen worden; die Tiere hatten jedoch freien Zutritt zu Trinkwasser, nach der Verabreichung des ^{65}Zn auch wieder zum Futter. Tier Nr. 25 mußte während des Versuches wegen gestörten Allgemeinbefindens ausgeschieden werden. 4 Tiere, 2 Hennen und 2 Hähne, dienten als Kontrolltiere.

Numerierung und Geschlecht der Tiere, ihre Gewichte vor der Applikation des Zinkes und zum Zeitpunkt der Schlachtung sind zusammen mit der pro Tier applizierten ^{65}Zn -Dosis aus der folgenden Tabelle 2 ersichtlich.

Schlachttermin in Tagen p. appl.	Tier-Nr. / Geschl. w=♀, m=♂	Gewicht z. Zt. d. Applik.	Gewicht z. Zt. d. Schlachtg.	Appl. ⁶⁵ Zn-Aktivi- tät in µCi/Tier
0,25	25 (w)	2600	2600	2,1372
	26 (w)	1650	1650	1,3563
	60 (m)	3400	3400	2,7948
	66 (m)	2200	2200	1,8084
0,5	23 (w)	1750	1750	1,4385
	24 (w)	2000	2000	1,6440
	59 (m)	2550	2550	2,0961
	61 (m)	2900	2900	2,3838
1	27 (w)	1850	1850	1,5207
	28 (w)	2100	2100	1,7262
	51 (m)	2800	2800	1,8906
	52 (m)	2700	2700	2,2194
2	29 (w)	2200	2210	1,8084
	32 (w)	1900	1905	1,5618
	53 (m)	2600	2600	2,1372
	55 (m)	2400	2400	1,9728
3	34 (w)	1950	1960	1,6029
	36 (w)	1900	1900	1,5618
	47 (m)	3000	3100	2,4660
	54 (m)	2500	2490	2,0550
6	42 (w)	2350	2400	1,9317
	44 (w)	2100	2130	1,7262
	45 (m)	2400	2440	1,9728
	46 (m)	3050	3100	2,5071
8	38 (w)	2000	2150	1,6440
	39 (w)	2200	2150	1,8084
	50 (m)	3000	3050	2,4660
ein weiterer Hahn stand nicht zur Verfügung				
10	41 (w)	1950	2000	1,5618
	43 (w)	2000	1900	1,6440
	48 (m)	2000	2000	1,6440
	49 (m)	3150	3200	2,5893
14	30 (w)	1850	2020	1,5207
	31 (w)	2400	2420	1,9728
	57 (m)	3400	3560	2,7948
	58 (m)	2800	2740	2,3016
20	21 (w)	2350	2460	1,9317
	22 (w)	2350	2340	1,9317
	64 (m)	2700	2740	2,2194
	65 (m)	3150	3100	2,5893

Schlachttermin in Tagen p. appl.	Tier-Nr. / Geschl. w=♀, m=♂	Gewicht z. Zt. d. Applik.	Gewicht z. Zt. d. Schlachtg.	Appl. ⁶⁵ Zn-Aktivi- tät in µCi/Tier
22	19 (w)	2110	2050	-,----
	20 (w)	2200	2150	-,----
	62 (m)	2760	2850	-,----
	63 (m)	2380	2460	-,----

Die Schlachtung der Tiere nach der Zn-Applikation erfolgte so, daß jeweils 2 Hennen und 2 Hähne zum selben Termin geschlachtet wurden. Die ersten 4 Tiere wurden 6 Stunden, die nächsten 4 12 Stunden p. appl. geschlachtet, dann weiter jeweils 4 Tiere am 1., 2., 3., 6., 8., 10., 14., 20. und 22. Tag nach der ⁶⁵Zn-Verabreichung.

Unmittelbar nach der Tötung wurden die Tiere durch Schnitt durch die Cervikalgefäße entblutet, anschließend die Proben für die ⁶⁵Zn-Bestimmung entnommen. Das Auffangen des Blutes erfolgte in Porzellanschälchen. Alle Proben wurden nach der Entnahme sofort zur Feststellung ihres Frischgewichtes gewogen und dann umgehend weiterverarbeitet.

Tabelle Nr. 3 gibt Aufschluß über die auf ⁶⁵Zn-Gehalt untersuchten Organe und Gewebe der Hühner, ferner über die Art ihrer Verarbeitung für die Messung.

Markierungsnr. d. Probe	Organe	Konsistenz der Probe	
		frisch	getrocknet
1.	Blut		x
2.	Kopfanhang		x
3.	Haut		x
4.	Musk. Brust		x
5.	Musk. Extr.		x
6.	Musk. Dünn.		x
7.	Knochen		x
8.	Federn		Nativzustand
9.	Magen		x
10.	Darm		x
11.	Oesophagus		x
12.	Leber		x
13.	Herz	x	
14.	Pankreas	x	
15.	Nieren	x	
16.	Lungen	x	
17.	Geschl. Org.		x
18.	Milz	x	

Die ausgewählten Organe und Gewebe sollten einen guten Überblick über Verteilung und Kinetik des resorbierten ^{65}Zn im Hühnerorganismus ermöglichen. Sie bieten auch günstige Voraussetzungen für die Ermittlung des Einflusses von Stoffwechselintensität, Umsatz und Funktion auf obige Parameter. Unter ihnen befinden sich außerdem alle eßbaren Bestandteile des Huhnes, die den lebensmittelhygienischen Aspekten entsprechend gewürdigt werden konnten.

Zur Ermittlung von Resorption und Ausscheidung des ^{65}Zn waren noch zusätzlich Kot bzw. Kot und Eier untersucht worden. Die ^{65}Zn -Ausscheidung im Kot wird über die gesamte Versuchsdauer hinweg bei je zwei erst am 20. Tag nach der Applikation geschlachteten Hennen und Hähnen verfolgt. Die Tiere waren zu diesem Zweck in Einzelkäfigen mit Kotsammelblechen aufgestellt worden. Die Entnahme des Kots erfolgte am ersten Tag zur 3., 6., 9. und 12. Stunde p. appl., später dann alle 24 Stunden. Die tatsächliche ^{65}Zn -Kotausscheidung, vor allem in den ersten 24 Stunden, zwang zu wiederholtem Sammeln des Kotes in dieser Zeit. Zur Feststellung des über das Ei ausgeschiedenen ^{65}Zn wurden täglich von 2 Hennen mit nachweislich guter Legeleistung die Eier gesammelt und untersucht.

ERGEBNISSE UND BESPRECHUNG DER ERGEBNISSE:

Äußerlich erkennbare gesundheitliche Schäden waren auch bei den Tieren des Hauptversuches nicht zu beobachten gewesen. Weder Haut, Federn und Extremitäten noch Kopfanhänge, Augen- und Nasenschleimhäute wiesen Veränderungen auf. Futter- und Wasseraufnahme sowie bei den Legehennen die Legeleistung wurden durch die ^{65}Zn -Applikation nicht beeinträchtigt. Die Unterschiede im Körpergewicht zwischen Applikation und Schlachtung waren gering.

Die Lebern fast aller Versuchstiere, waren, vor allem zu Beginn des Versuches, leicht vergrößert, hellbraun verfärbt und von brüchiger Konsistenz. Die Ursache dafür dürfte mehr in der allgemeinen Belastung des Organes und der Wirkung des Schwermetallions, weniger in strahleninduzierten Schädigungen zu suchen sein.

Das Knochenmark zweier Hähne und einer Henne wies petechiale Blutungen auf. Die Schleimhäute des Verdauungstraktes waren am 1. und teilweise noch am 2. Tag p. appl. leicht gerötet und der abgesetzte Kot von schleimig-wässriger Beschaffenheit.

Die Resorption oral aufgenommener Nahrung wird durch die Verdaulichkeit, von der Durchgangszeit durch den Verdauungstrakt, bestimmt, weshalb sie starke Schwankungen zeigen kann.

Beim Geflügel beginnt die Exkretion verabreichter Substanzen mit der 3. - 6. Stunde und endet zwischen 2. - und 6. Tag. Der 24-stündige Futterentzug, die Verabreichung des im allgemeinen gut resorbierbaren $^{65}\text{ZnCl}_2$ im gelösten Zustand und das Nachspülen mit Trinkwasser im Versuch beschleunigen vermutlich eine Resorption des Isotopes. Insofern muß auch mit einer baldigen Sekretion bereits resorbierten ^{65}Zn in den Darm durch die Leber, das Pankreas und die Darmschleimhaut gerechnet werden.

Daher kann, wie auch Erfahrungswerte der Literatur zeigen, angenommen werden, daß der Anteil der applizierten ^{65}Zn -Aktivität, der in den ersten 48 Stunden nicht

ausgeschieden wird, vom Organismus resorbiert wurde.

Die Tabelle 4 gibt Auskunft über die ^{65}Zn -Ausscheidung durch den Kot bzw. die ^{65}Zn -Retention im Organismus zur 3., 6., 9., 12., 24. und 48. Stunde: Tabelle 4 zeigt die ^{65}Zn -Ausscheidung in Prozent zur verabreichten Dosis, bzw. die entsprechenden Resorptionswerte.

Tabelle 4:

Tier Nr.	Geschlecht w=, m=,	^{65}Zn -Ausscheidung in % zum applizierten ^{65}Zn					
		3. Std.	6. Std.	9. Std.	12. Std.	24. Std.	48. Std.
64	m	1,5	26,2	30,3	34,1	37,9	39,8
65	m	44,6	54,8	63,4	66,2	71,8	74,6
22	w	14,4	22,7	36,9	46,7	67,2	70,5
21	w	45,6	64,8	71,0	72,8	82,7	84,4

Sie verdeutlicht, daß 48 Std. nach der oralen Applikation die Tiere bereits ca. 76 % der ^{65}Zn -Aktivität durch den Kot ausgeschieden hatten. Die Resorptionsquote liegt dementsprechend bei ca. 24 %. Tier Nr.: 64 wies allerdings mit 60,2 % zur 48. Std. eine abnorm hohe Resorption auf.

Die übrigen Daten der Ausscheidung bzw. Resorption zeigen anscheinend geschlechts-unabhängige Unterschiede; selbst wenn möglicherweise die Hennen in den ersten 12 Stunden weniger ^{65}Zn retinieren als die Hähne, so ist das bei vier Tieren schwer zu beurteilen.

Zur Ermittlung der Verteilung und des Verteilungsmusters von ^{65}Zn im Organismus von Henne und Hahn waren außer als Nahrungsmittel verwendbaren Anteilen auch eine Reihe von Organen berücksichtigt worden, die zur Abklärung der Fragestellung wichtig erschienen.

Von der quergestreiften Muskulatur wurden die Extremitäten-, Brust- und Dünnungs- (=Flanken) muskulatur untersucht, von den Organen Leber, Herz, Pankreas, Niere, Lunge, Geschlechtsorgane und Milz, vom Verdauungstrakt Oesophagus einschließlich Kropf, Muskelmagen und Darm, weiter die Knochen, Haut, Kopfanhänge und Federn.

Die Ergebnisse dieser Untersuchungen sind in den Darstellungen 1 - 20 sowie 21 - 38 graphisch dargestellt.

Darstellung 41 gibt einen Überblick über die ^{65}Zn -Aktivitäten insgesamt bei Henne und Hahn während der 20-tägigen Versuchszeit.

Die Darstellungen 1 - 20 geben in Form von Histogrammen Aufschluß über die ^{65}Zn -Konzentrationen in den Organen und Geweben des Einzeltieres. Auf je einer Darstellung sind die Daten zweier am gleichen Tag geschlachteter Hähne oder zweier Hühner wiedergegeben und durch Angaben der ^{65}Zn -Aktivitäten in pCi/g FS (= Frischsubstanz) ergänzt.

Die Darstellungen 21 - 38 sollen bei Berücksichtigung der einzelnen Schlachtermine die durchschnittliche ^{65}Zn -Anreicherung in den untersuchten Organen jeweils zweier Hennen und zweier Hähne einer Schlachtgruppe über die 20-tägige Versuchszeit darstellen.

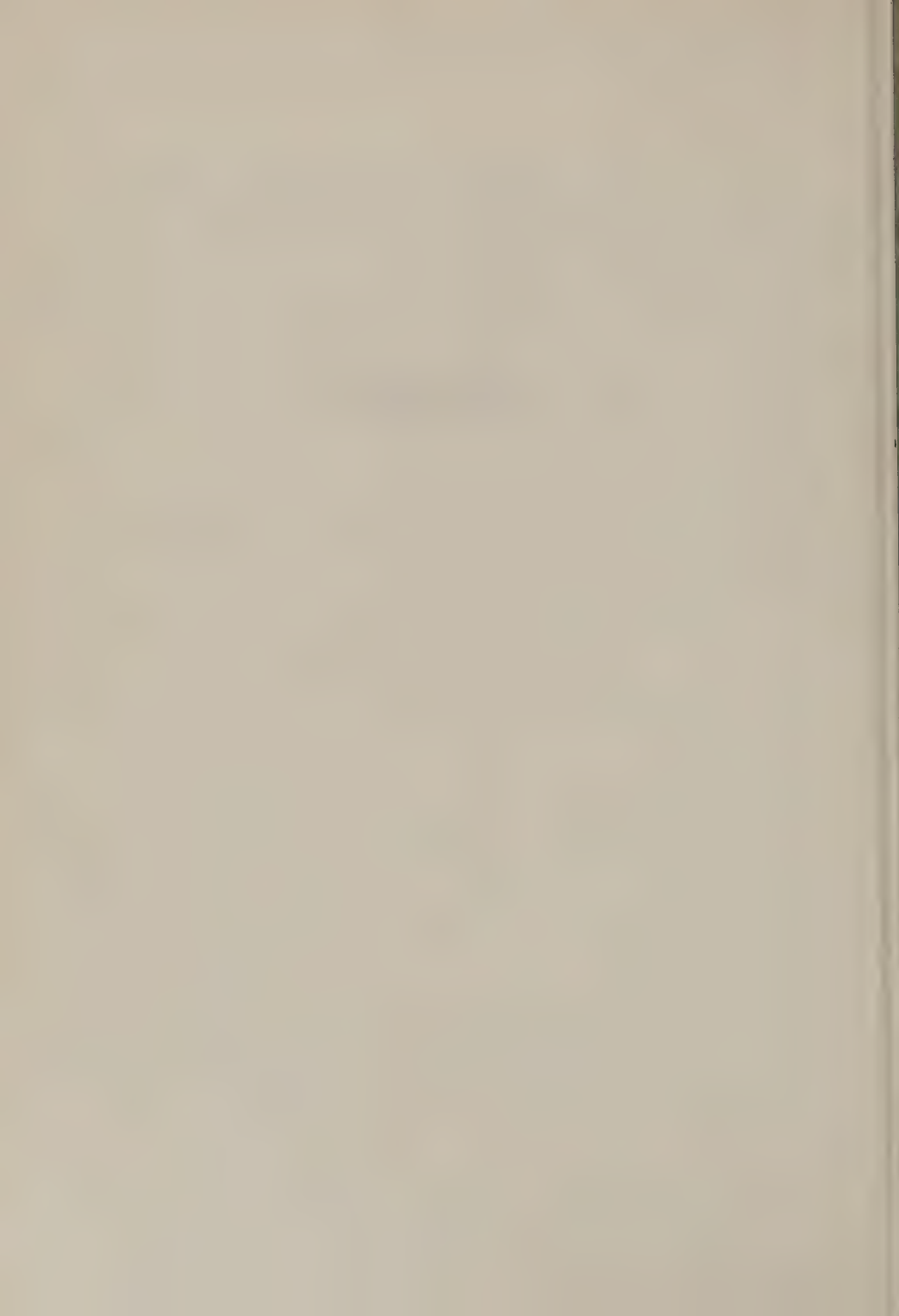
Das arithmetische Mittel der ^{65}Zn -Aktivitäten der untersuchten Organe und Gewebe sämtlicher im Versuch geschlachteter Tiere ist aus Tabelle 5 ersichtlich.

Die Betrachtung der Darstellungen 21 - 38 sowie der Tabelle 5 läßt gewisse Regelmäßigkeiten in der Verteilung des ^{65}Zn in den Organen der Versuchstiere, aber auch vergleichsweise zwischen weiblichem und männlichem Tier erkennen. Die absolut höchsten ^{65}Zn -Konzentrationen wurden in den Lebern von Hähnen angetroffen. In



DARSTELLUNGEN Nr.:

1 - 20



Erläuterung:

In den Darstellungen ist die Verteilung des applizierten ^{65}Zn an Hand seiner Aktivität in den angeführten Organen in den 20 Tagen p. appl. Versuchszeit dargestellt.

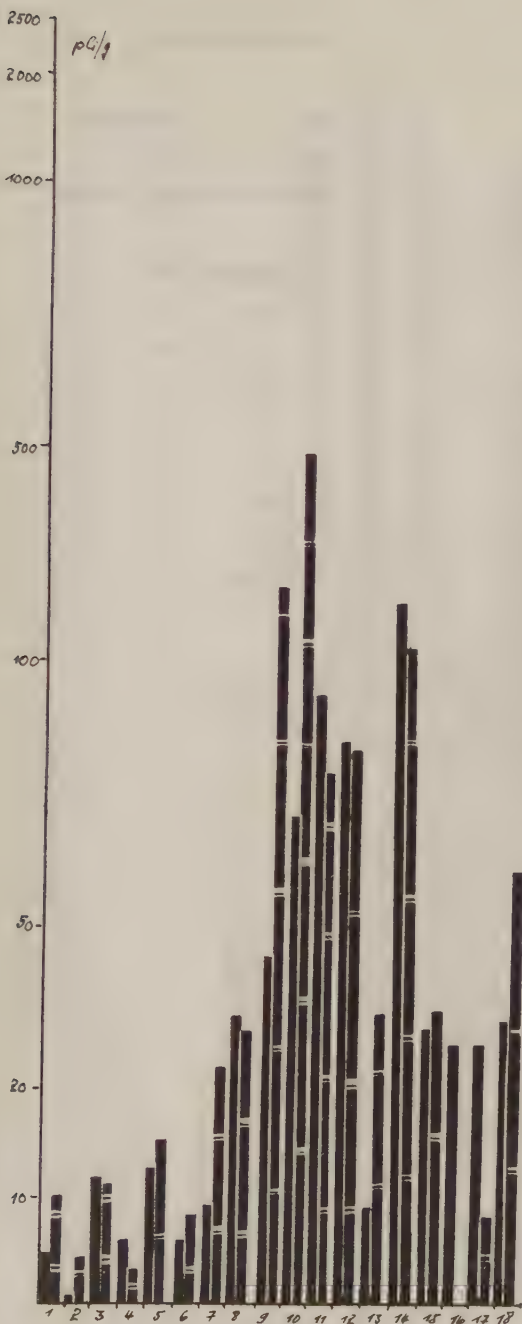
Es wurden jeweils zwei Tiere gleichen Geschlechts und einer zeitlich gleichen Schlachgruppe gegenübergestellt. Die Angaben erfolgen in Tagen bzw. in pCi/g FS.

Zur Entschlüsselung der Numerierung der Organe, die aus platztechnischen Gründen erfolgte, ist dem nebenstehenden Faltblatt zu entnehmen. Sie ist für sämtliche Darstellungen gültig.

Henne 25 mußte wegen gesundheitlicher Mängel ausgeschieden werden. Am 8. Tag stand nur ein Hahn zum Schlachten zur Verfügung.

———— = Tier 1;

----- = Tier 2;



DARSTELLUNG 1

Hahn Nr. : 66 und 60

Tag: 0,25

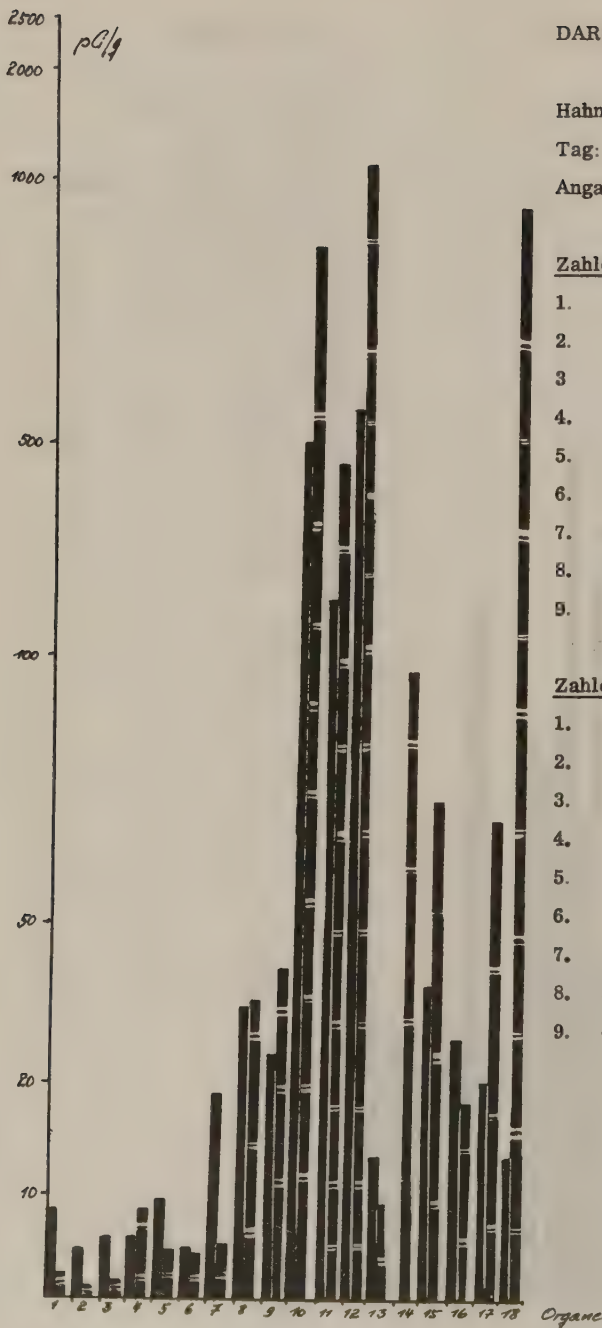
Angaben in pCi/g Frischgew.

Zahlenwerte: 66 = ———

1.	4,9	10.	70,3
2.	0,2	11.	92,9
3.	12,7	12.	83,3
4.	5,8	13.	9,0
5.	12,4	14.	205,3
6.	5,8	15.	85,9
7.	8,6	16.	31,1
8.	32,0	17.	28,3
9.	44,6	18.	32,4

Zahlenwerte: 60 = ————

1.	10,3	10.	487,8
2.	4,2	11.	79,0
3.	12,1	12.	84,3
4.	3,7	13.	33,6
5.	15,0	14.	127,9
6.	8,2	15.	34,3
7.	24,1	16.	—, —
8.	30,7	17.	7,7
9.	232,9	18.	56,4



DARSTELLUNG 2

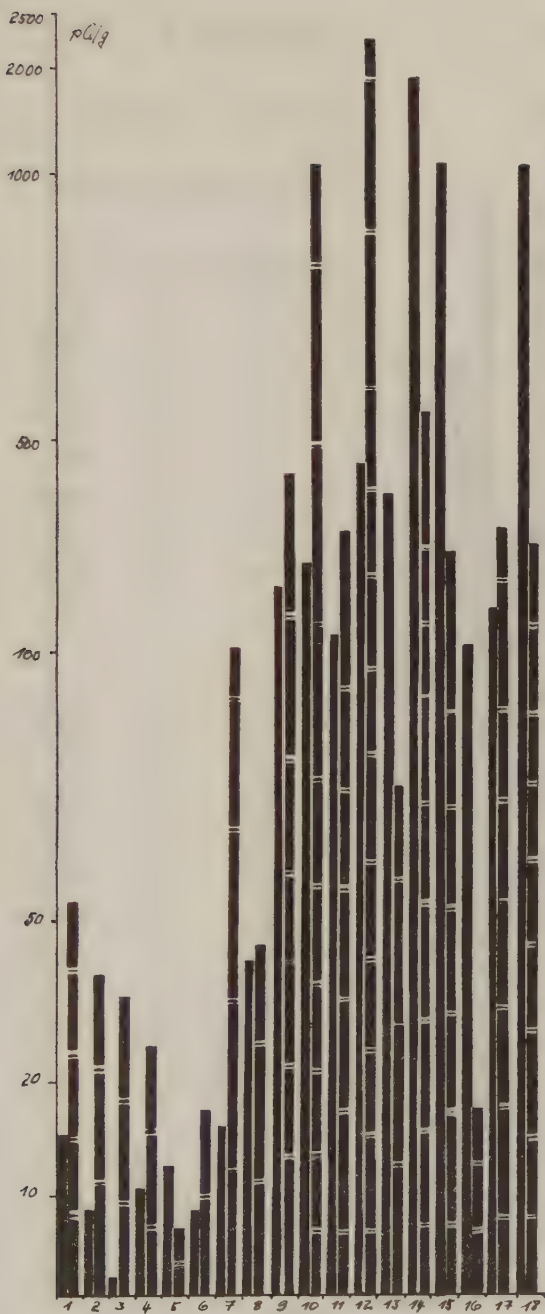
Hahn Nr : 59 und 61

Tag: 0,5

Angaben in pCi/g Frischgew.

<u>Zahlenwerte:</u>		59 = ———
1.	8,3	10. 488,3
2.	4,1	11. 195,3
3.	5,5	12. 559,6
4.	5,5	13. 16,3
5.	9,4	14. —, —
6.	4,0	15. 38,0
7.	19,1	16. 28,0
8.	34,2	17. 20,0
9.	25,0	18. 13,1

<u>Zahlenwerte:</u>		61 = ————
1.	2,2	10. 867,1
2.	0,3	11. 456,6
3.	1,7	12. 1131,1
4.	8,1	13. 8,8
5.	4,0	14. 96,7
6.	4,2	15. 82,1
7.	4,8	16. 17,6
8.	34,0	17. 68,2
9.	41,6	18. 941,3



DARSTELLUNG 3

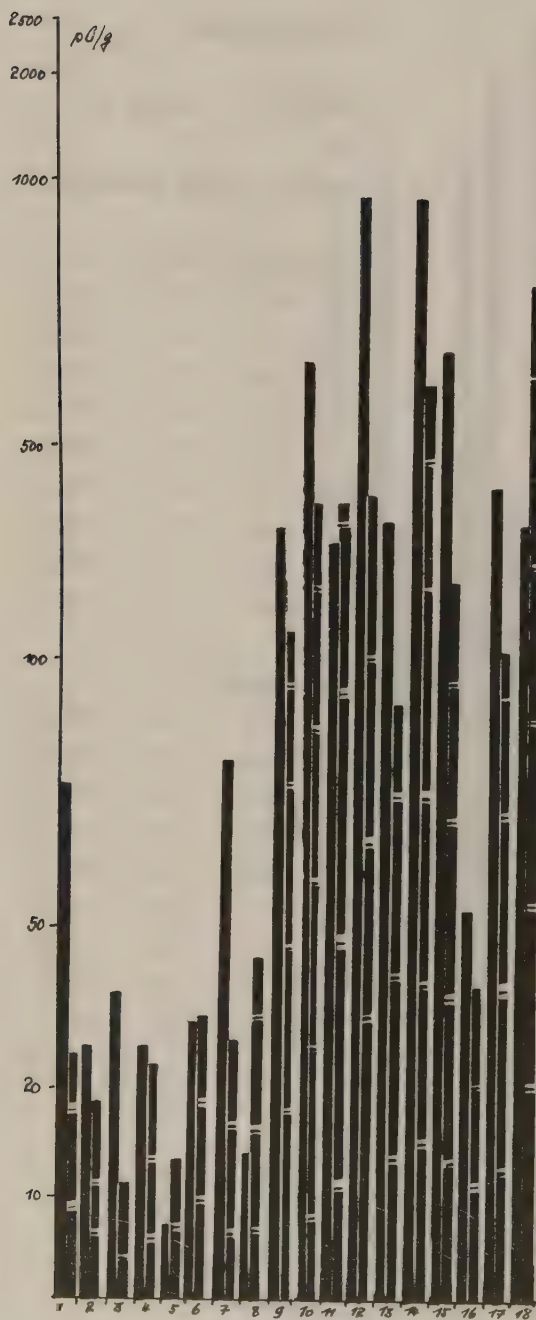
Hahn Nr.: 51 und 52

Tag: 1

Angaben in pCi/g Frischgew.

Zahlenwerte:		51 =	
1.	15,3	10.	268,5
2.	8,7	11.	130,0
3.	2,0	12.	455,5
4.	10,0	13.	396,8
5.	12,3	14.	1940,5
6.	7,4	15.	1027,8
7.	15,9	16.	114,7
8.	43,0	17.	186,7
9.	224,1	18.	1082,8

Zahlenwerte:		52 =	
1.	52,6	10.	1024,7
2.	40,1	11.	326,5
3.	33,1	12.	2250,7
4.	27,4	13.	74,4
5.	5,6	14.	544,5
6.	17,3	15.	251,6
7.	107,9	16.	17,1
8.	42,2	17.	236,7
9.	430,7	18.	307,4



DARSTELLUNG 4

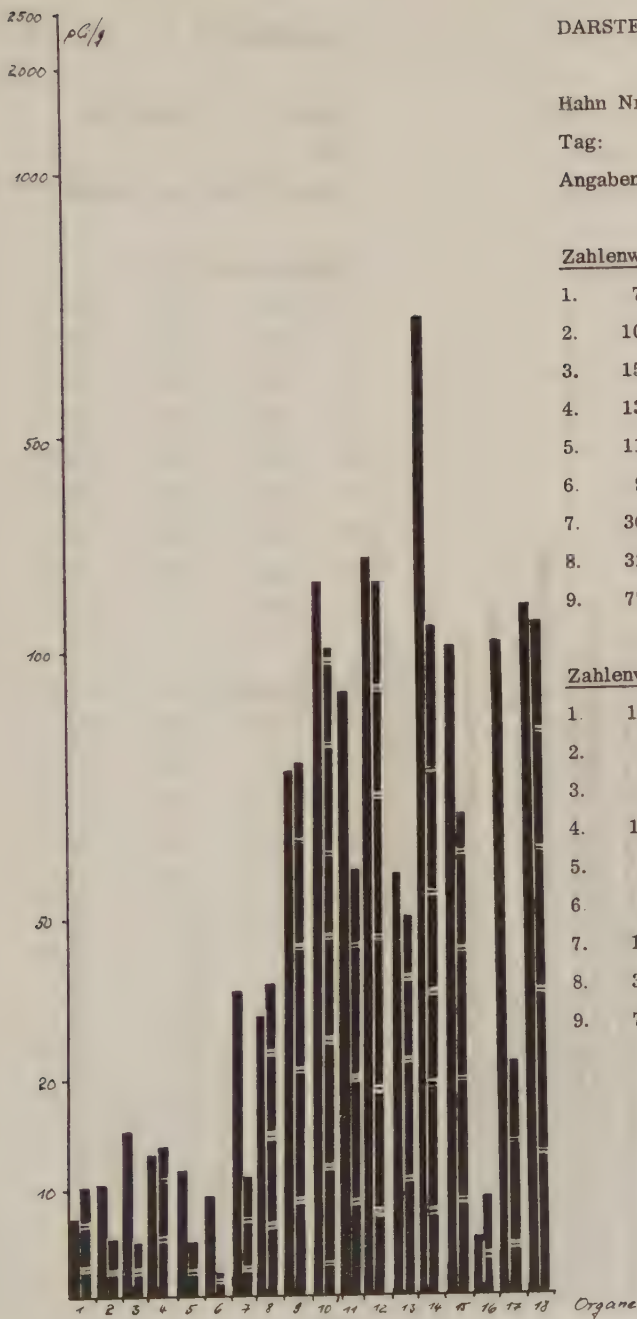
Hahn Nr.: 53 und 55

Tag: 2

Angaben in pCi/g Frischgew.

<u>Zahlenwerte:</u>		53 =	
1.	76,7	10.	657,4
2.	28,3	11.	315,2
3.	36,5	12.	968,3
4.	27,1	13.	341,3
5.	7,4	14.	966,8
6.	30,4	15.	679,0
7.	80,6	16.	52,6
8.	14,3	17.	418,7
9.	343,9	18.	349,4

<u>Zahlenwerte:</u>		55 =	
1.	27,8	10.	399,4
2.	18,0	11.	194,7
3.	11,0	12.	401,5
4.	24,9	13.	91,3
5.	13,6	14.	601,9
6.	31,8	15.	245,2
7.	29,0	16.	37,3
8.	42,9	17.	116,5
9.	142,3	18.	793,2



DARSTELLUNG 5

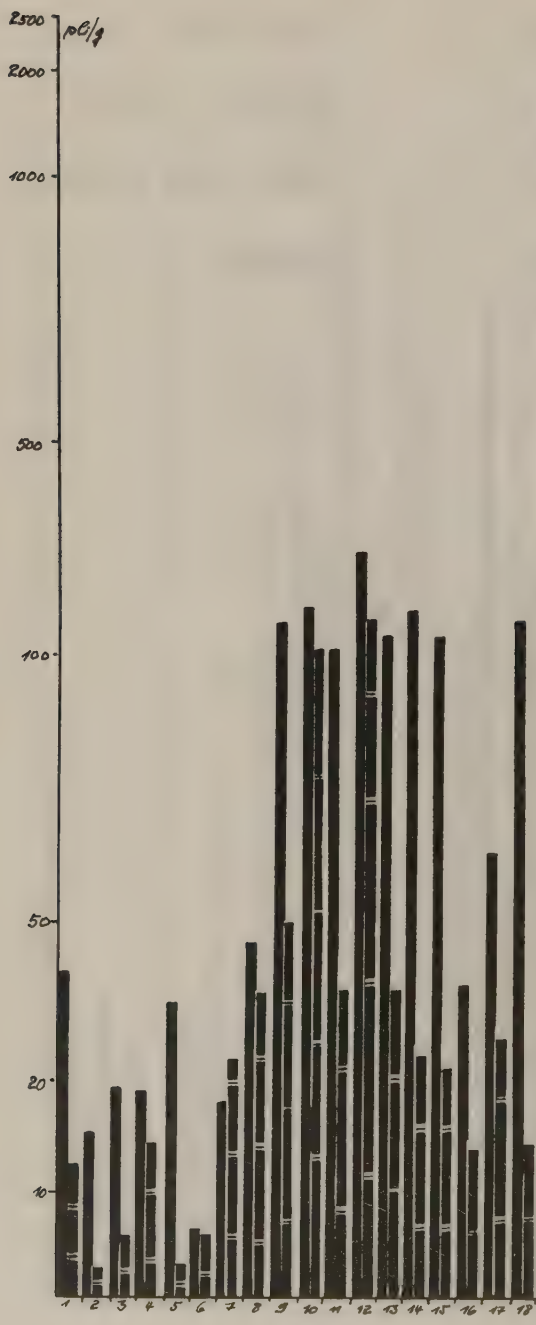
Hahn Nr.: 47 und 54

Tag: 3

Angaben in pCi/g Frischgew.

<u>Zahlenwerte:</u> 47 = ———			
1.	7,1	10.	231,0
2.	10,7	11.	92,0
3.	15,4	12.	276,9
4.	13,4	13.	57,9
5.	11,8	14.	717,5
6.	9,3	15.	102,4
7.	36,6	16.	5,0
8.	32,2	17.	117,9
9.	77,1	18.	175,4

<u>Zahlenwerte:</u> 54 = ———			
1.	10,6	10.	101,7
2.	5,9	11.	59,3
3.	5,1	12.	224,8
4.	13,4	13.	50,2
5.	4,6	14.	141,0
6.	2,2	15.	69,1
7.	10,1	16.	9,5
8.	38,5	17.	23,1
9.	77,6	18.	160,9



DARSTELLUNG 6

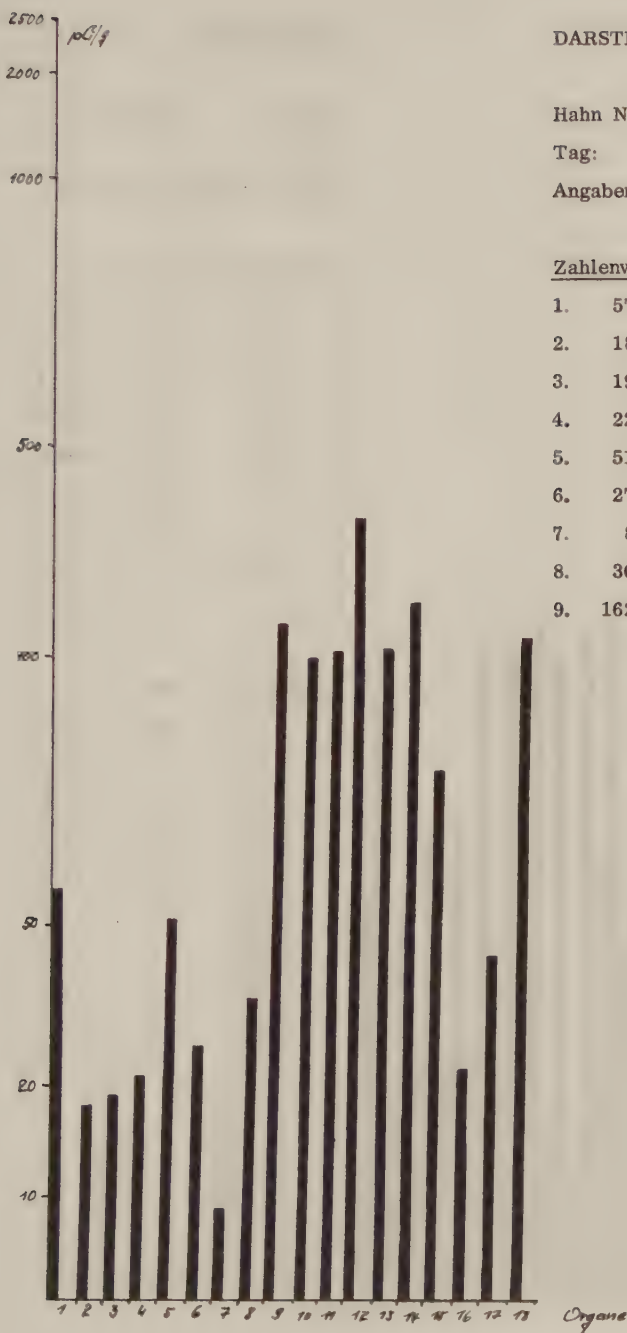
Hahn Nr. : 45 und 46

Tag: 6

Angaben in pCi/g Frischgew.

<u>Zahlenwerte:</u>		45 = —————
1.	40,7	10. 186,9
2.	15,0	11. 107,5
3.	19,4	12. 287,9
4.	19,3	13. 135,1
5.	34,2	14. 179,3
6.	6,6	15. 125,6
7.	18,0	16. 37,2
8.	45,5	17. 62,8
9.	152,3	18. 158,8

<u>Zahlenwerte:</u>		46 = - - - - -
1.	12,1	10. 101,5
2.	2,9	11. 37,3
3.	6,0	12. 164,9
4.	14,2	13. 36,4
5.	2,9	14. 24,6
6.	6,3	15. 22,4
7.	24,6	16. 13,6
8.	36,7	17. 27,6
9.	49,2	18. 13,8



DARSTELLUNG 7

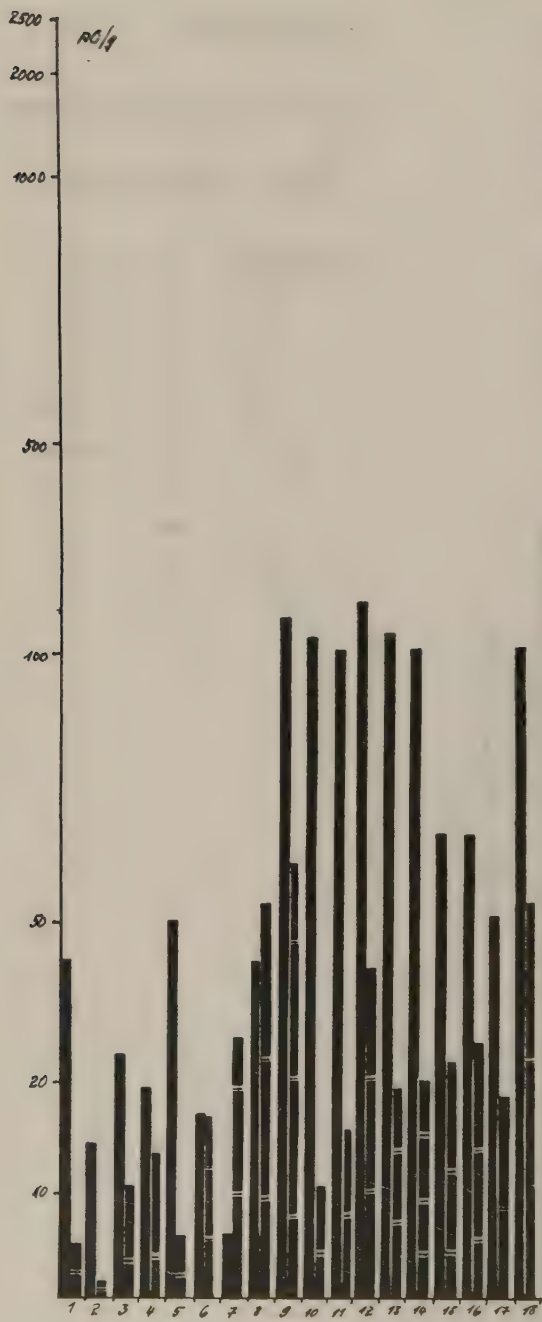
Hahn Nr. : 50 (s. Beschreibung!)

Tag: 8

Angaben in pCi/g Frischgew.

Zahlenwerte: 50 = ———

1.	57,8	10.	101,0
2.	18,9	11.	109,3
3.	19,2	12.	352,6
4.	22,3	13.	112,6
5.	51,5	14.	199,3
6.	27,8	15.	78,3
7.	8,7	16.	23,7
8.	36,3	17.	44,9
9.	162,1	18.	136,4



DARSTELLUNG 8

Hahn Nr. : 48 und 49

Tag: 10

Angaben in pCi/g Frischgew.

Zahlenwerte: 48 = —————

1.	42,5	10.	124,5
2.	14,1	11.	108,1
3.	24,6	12.	187,4
4.	18,7	13.	136,9
5.	49,5	14.	109,3
6.	16,8	15.	65,7
7.	5,9	16.	65,3
8.	41,6	17.	50,3
9.	161,1	18.	109,8

Zahlenwerte: 49 = - - - - -

1.	4,8	10.	9,7
2.	1,1	11.	15,4
3.	10,3	12.	41,4
4.	13,0	13.	18,8
5.	5,6	14.	19,8
6.	16,7	15.	23,0
7.	27,8	16.	27,1
8.	52,7	17.	18,4
9.	60,8	18.	52,9

2500 pCi/g

2000

1000

500

100

50

20

10

1 2 3 4 5 6 7 8 9 10 11 12 13 14 15 16 17 18 Organe

DARSTELLUNG 9

Hahn Nr. : 57 und 58

Tag: 14

Angaben in pCi/g Frischgew.

Zahlenwerte: 57 = ———

1.	2,0	10.	7,1
2.	2,6	11.	13,4
3.	18,7	12.	52,2
4.	12,8	13.	1,3
5.	2,8	14.	15,3
6.	1,1	15.	24,7
7.	14,1	16.	23,3
8.	50,6	17.	32,3
9.	50,4	18.	24,7

Zahlenwerte: 58 = ————

1.	11,1	10.	29,4
2.	2,4	11.	24,8
3.	1,7	12.	108,5
4.	14,1	13.	49,0
5.	22,9	14.	45,0
6.	21,1	15.	4,2
7.	18,4	16.	24,9
8.	51,9	17.	35,8
9.	103,1	18.	0,1

2500 pCi/g

2000

1000

500

100

50

20

10

1 2 3 4 5 6 7 8 9 10 11 12 13 14 15 16 17 18

DARSTELLUNG 10

Hahn Nr. : 64 und 65

Tag: 20

Angaben in pCi/g Frischgew.

Zahlenwerte: 64 =-----

1.	1,1	10.	18,8
2.	4,0	11.	19,8
3.	2,9	12.	25,5
4.	11,7	13.	9,3
5.	12,3	14.	1,2
6.	3,5	15.	21,1
7.	102,6	16.	30,4
8.	57,8	17.	53,4
9.	6,2	18.	17,2

Zahlenwerte: 65 =-----

1.	11,0	10.	42,2
2.	6,9	11.	134,9
3.	6,3	12.	48,5
4.	25,9	13.	25,6
5.	45,4	14.	74,6
6.	17,7	15.	16,3
7.	82,6	16.	1,7
8.	40,1	17.	17,7
9.	95,4	18.	0,1

Organe

2500 $\mu\text{Ci/g}$

2000

1000

500

100

50

20

10

1 2 3 4 5 6 7 8 9 10 11 12 13 14 15 16 17 18 Organe

DARSTELLUNG 11

Huhn Nr.: 26

Tag: 0,25

Angaben in $\mu\text{Ci/g}$ Frischgew.

<u>Zahlenwerte:</u>		26 = ———	
1.	50,0	10.	92,6
2.	6,6	11.	177,6
3.	5,7	12.	89,8
4.	1,5	13.	31,8
5.	7,7	14.	83,5
6.	1,1	15.	9,7
7.	9,9	16.	18,2
8.	32,7	17.	9,5
9.	17,7	18.	37,2

2500
100/g

2000

1000

500

100

50

20

10

Organe

DARSTELLUNG 12

Huhn Nr.: 24 und 23

Tag: 0,5

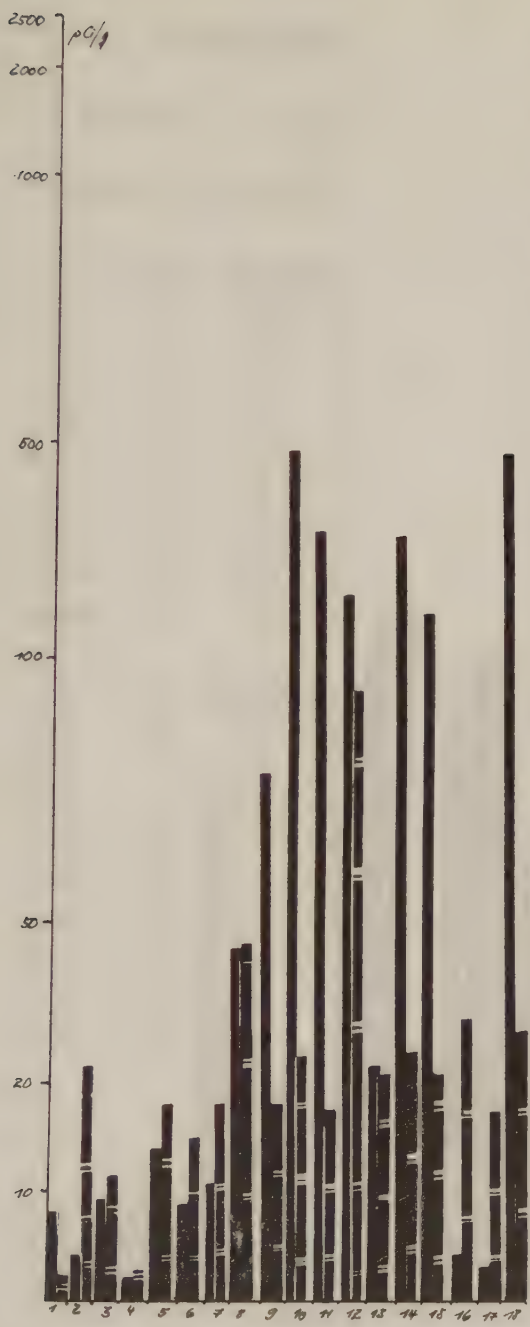
Angaben in pCi/g Frischgew.

Zahlenwerte: 24 = ———

1.	3,0	10.	140,8
2.	8,8	11.	151,9
3.	12,7	12.	161,6
4.	4,0	13.	18,6
5.	6,0	14.	166,3
6.	6,2	15.	64,0
7.	11,7	16.	—, —
8.	5,7	17.	13,9
9.	15,9	18.	35,5

Zahlenwerte: 23 = ———

1.	0,1	10.	60,1
2.	3,9	11.	118,1
3.	55,4	12.	118,6
4.	4,9	13.	70,9
5.	12,9	14.	170,4
6.	4,1	15.	5,4
7.	7,7	16.	—, —
8.	77,2	17.	13,6
9.	22,3	18.	5,3



DARSTELLUNG 13

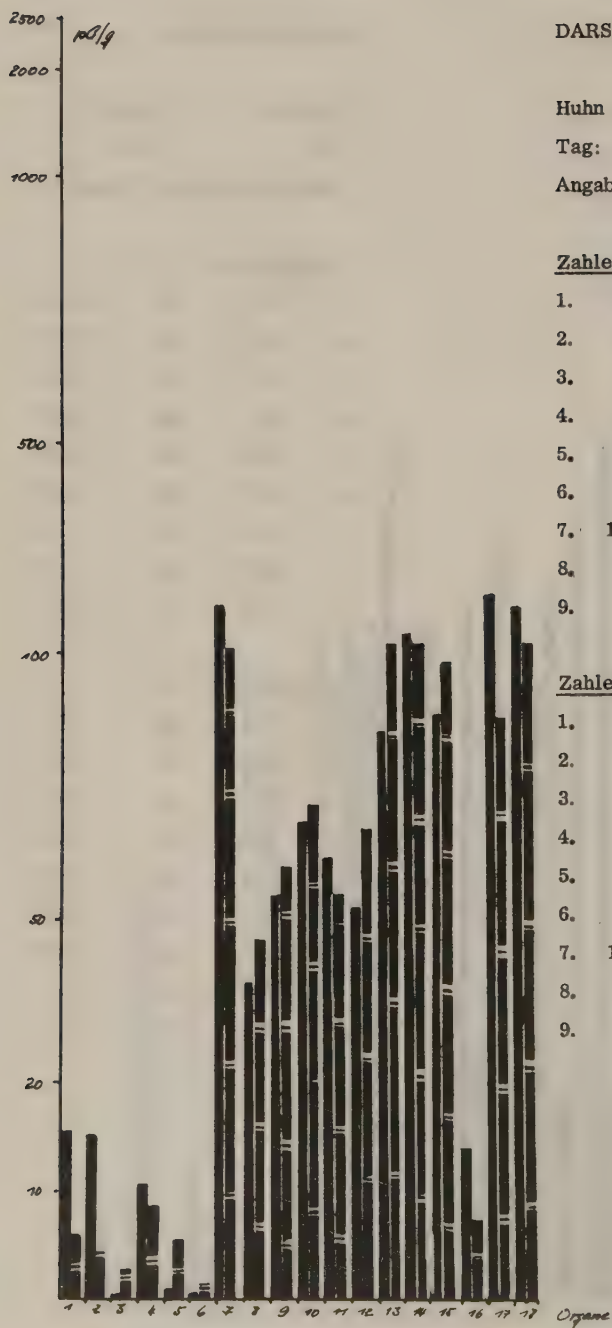
Huhn Nr.: 27 und 28

Tag: 1. Tag

Angaben in pCi/g Frischgew.

Zahlenwerte:		27 =	
1.	8,2	10.	493,6
2.	4,4	11.	339,9
3.	8,1	12.	211,7
4.	2,3	13.	22,9
5.	14,4	14.	324,4
6.	8,6	15.	184,3
7.	10,4	16.	4,6
8.	42,0	17.	3,4
9.	77,5	18.	486,7

Zahlenwerte:		28 =	
1.	1,8	10.	26,6
2.	23,0	11.	17,8
3.	11,2	12.	93,7
4.	2,9	13.	25,2
5.	17,8	14.	26,2
6.	13,9	15.	21,6
7.	17,3	16.	32,8
8.	43,5	17.	17,4
9.	17,8	18.	30,4



DARSTELLUNG 14

Huhn Nr. : 29 und 32

Tag: 2

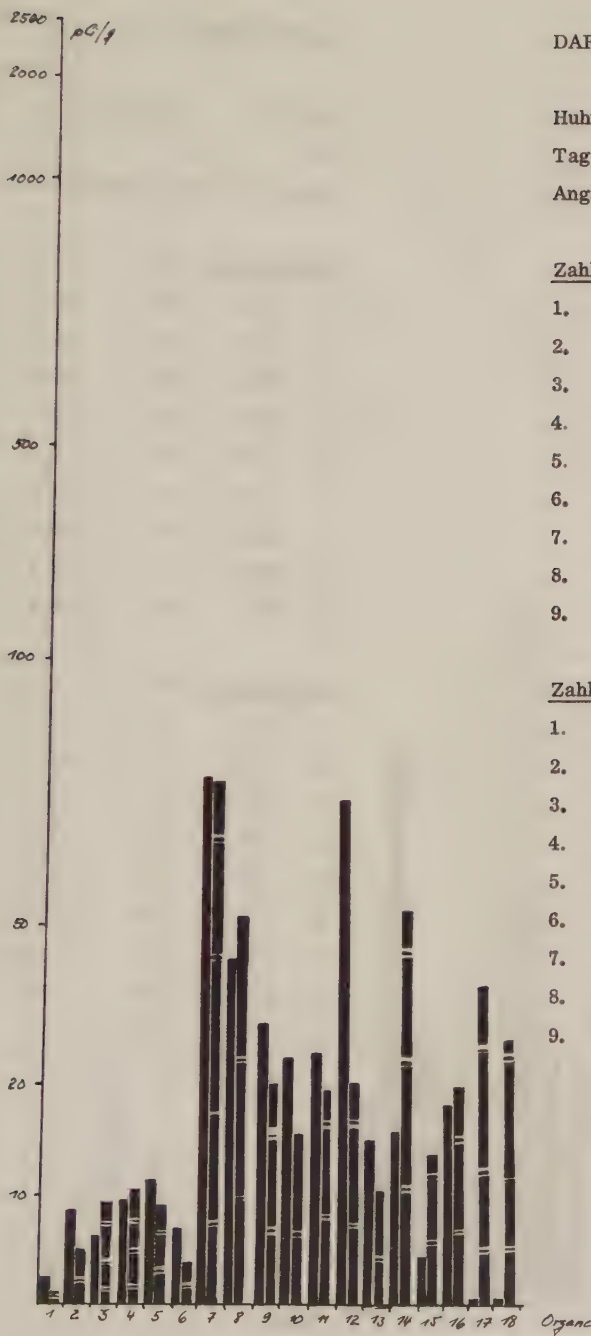
Angaben in pCi/g Frischgew.

Zahlenwerte: 29 = ———

1.	15,7	10.	69,1
2.	15,5	11.	62,3
3.	0,2	12.	52,8
4.	10,9	13.	85,5
5.	1,5	14.	145,2
6.	0,4	15.	87,9
7.	199,9	16.	14,7
8.	39,9	17.	219,4
9.	55,7	18.	193,8

Zahlenwerte: 32 = ———

1.	6,1	10.	71,9
2.	4,7	11.	55,2
3.	2,4	12.	67,7
4.	8,9	13.	123,7
5.	5,8	14.	124,1
6.	0,5	15.	99,3
7.	113,9	16.	7,3
8.	46,2	17.	88,3
9.	60,7	18.	126,5



DARSTELLUNG 15

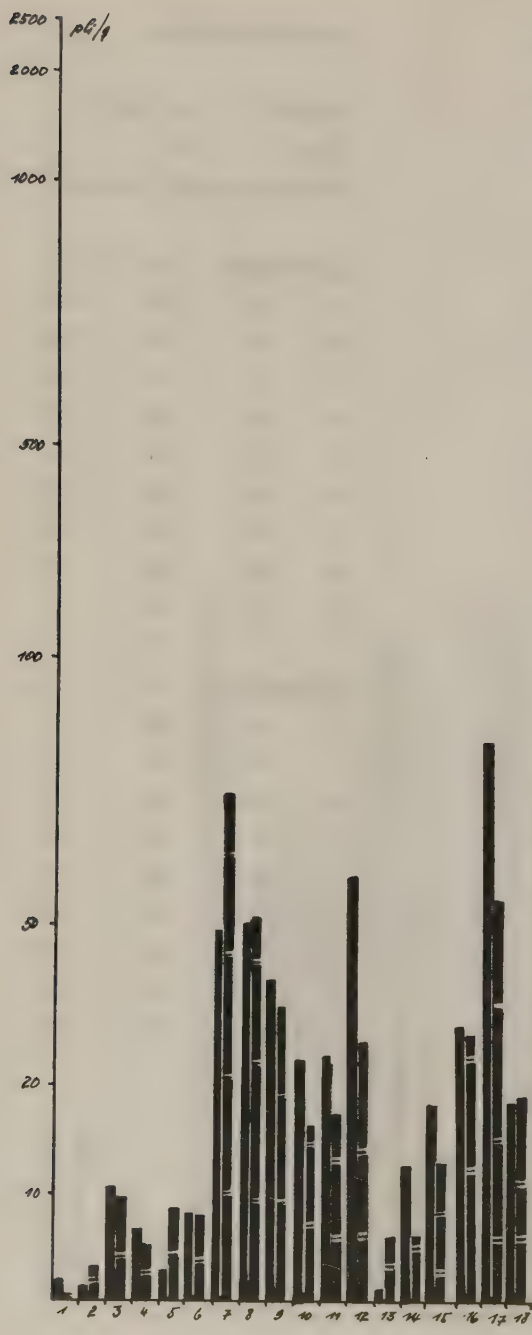
Huhn Nr. : 34 und 36

Tag: 3.

Angaben in pCi/g Frischgew.

Zahlenwerte:		34 =	
1.	2,5	10.	25,1
2.	8,1	11.	26,0
3.	6,5	12.	72,2
4.	9,7	13.	15,3
5.	11,3	14.	15,5
6.	6,9	15.	4,3
7.	77,5	16.	18,6
8.	43,9	17.	0,4
9.	32,3	18.	0,4

Zahlenwerte:		36 =	
1.	1,1	10.	16,1
2.	5,0	11.	19,7
3.	9,0	12.	21,7
4.	10,6	13.	11,5
5.	9,1	14.	51,5
6.	3,9	15.	14,1
7.	76,2	16.	21,8
8.	50,9	17.	38,5
9.	21,7	18.	29,7



DARSTELLUNG 16

Huhn Nr. : 42 und 44

Tag: 6.

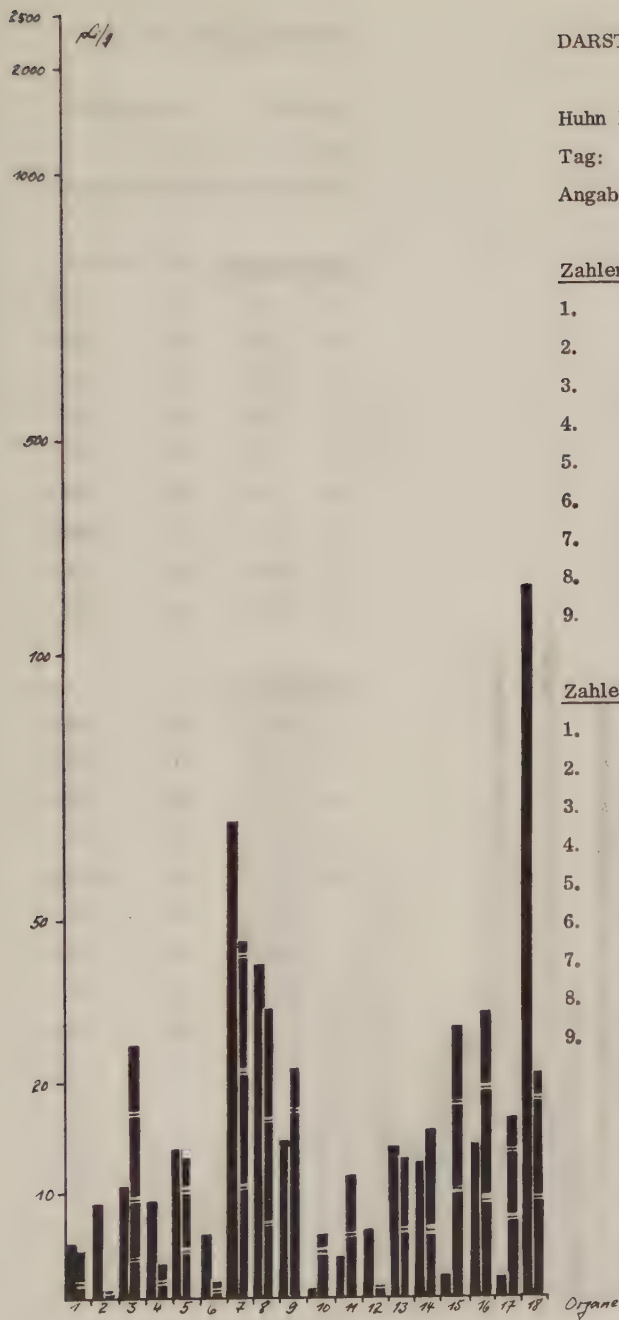
Angaben in pCi/g Frischgew.

Zahlenwerte: 42 = ———

1.	1,8	10.	24,0
2.	1,7	11.	25,5
3.	10,4	12.	58,6
4.	6,7	13.	1,1
5.	2,7	14.	12,9
6.	8,6	15.	18,0
7.	48,2	16.	30,5
8.	50,5	17.	83,4
9.	39,6	18.	18,8

Zahlenwerte: 44 = — — — —

1.	0,5	10.	16,7
2.	3,0	11.	17,8
3.	9,1	12.	29,2
4.	5,2	13.	6,5
5.	8,1	14.	6,7
6.	7,9	15.	13,6
7.	73,2	16.	30,3
8.	51,6	17.	56,3
9.	34,9	18.	19,4



DARSTELLUNG 17

Huhn Nr. 38 und 39

Tag: 8.

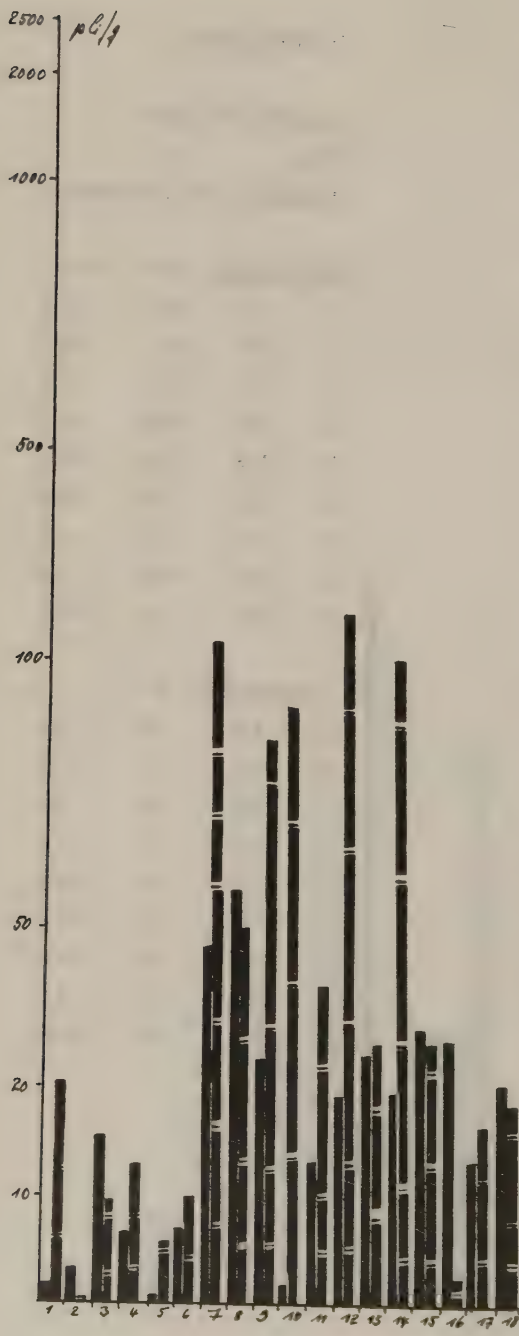
Angaben in pCi/g Frischgew.

Zahlenwerte: 38 = —————

1.	5,0	10.	0,6
2.	8,7	11.	4,0
3.	10,6	12.	6,1
4.	8,8	13.	13,6
5.	13,8	14.	12,1
6.	1,7	15.	2,2
7.	68,8	16.	14,0
8.	41,0	17.	1,8
9.	14,2	18.	229,1

Zahlenwerte: 39 = —————

1.	4,9	10.	5,6
2.	0,9	11.	11,3
3.	27,5	12.	0,9
4.	3,3	13.	13,7
5.	13,0	14.	16,1
6.	11,0	15.	29,5
7.	46,4	16.	32,7
8.	30,4	17.	16,2
9.	21,2	18.	20,5



DARSTELLUNG 18

Huhn Nr.: 41 und 43

Tag: 10.

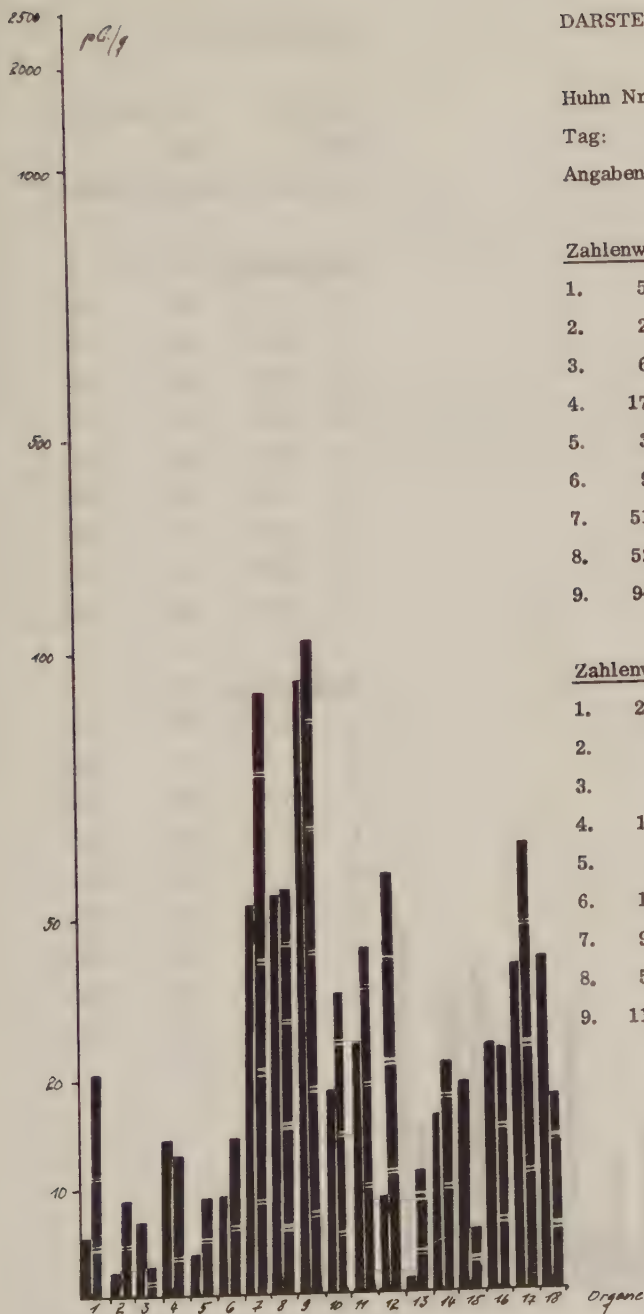
Angaben in pCi/g Frischgew.

Zahlenwerte: 41 =

1.	1,8	10.	1,6
2.	3,0	11.	12,8
3.	15,6	12.	19,2
4.	6,7	13.	24,3
5.	0,4	14.	19,6
6.	7,0	15.	30,9
7.	46,9	16.	28,9
8.	57,0	17.	12,9
9.	25,5	18.	20,1

Zahlenwerte: 43 =

1.	20,7	10.	90,5
2.	0,5	11.	39,2
3.	9,5	12.	191,5
4.	13,2	13.	28,5
5.	5,8	14.	107,5
6.	9,8	15.	28,1
7.	141,9	16.	2,4
8.	49,4	17.	16,8
9.	84,9	18.	18,6



DARSTELLUNG 19

Huhn Nr. : 30 und 31

Tag: 14.

Angaben in pCi/g Frischgew.

Zahlenwerte:		30 = ———	
1.	5,3	10.	18,0
2.	2,2	11.	26,4
3.	6,7	12.	8,5
4.	17,1	13.	0,7
5.	3,6	14.	16,1
6.	9,4	15.	19,2
7.	51,9	16.	25,8
8.	52,8	17.	40,5
9.	94,9	18.	41,5

Zahlenwerte:		31 = ———	
1.	20,7	10.	35,2
2.	8,8	11.	43,9
3.	2,9	12.	58,4
4.	12,8	13.	10,9
5.	8,9	14.	22,2
6.	14,3	15.	5,5
7.	91,8	16.	24,4
8.	53,6	17.	62,4
9.	115,9	18.	18,0

2500

2000

1000

500

100

50

20

10

pCi/g

DARSTELLUNG 20

Huhn Nr.: 21 und 22

Tag: 20

Angaben in pCi/g Frischgew.

Zahlenwerte: 21 = ———

1.	9,4	10.	3,6
2.	23,0	11.	6,6
3.	17,9	12.	30,7
4.	4,6	13.	19,7
5.	10,2	14.	29,2
6.	4,5	15.	34,6
7.	37,3	16.	34,4
8.	68,7	17.	7,9
9.	14,9	18.	48,9

Zahlenwerte: 22 = ———

1.	3,6	10.	12,0
2.	7,2	11.	4,9
3.	19,3	12.	5,3
4.	6,1	13.	31,1
5.	12,2	14.	22,6
6.	8,3	15.	40,8
7.	6,4	16.	35,2
8.	60,2	17.	14,9
9.	5,8	18.	54,7

1

2

3

4

5

6

7

8

9

10

11

12

13

14

15

16

17

18

Organe

DARSTELLUNGEN Nr. :

21 - 38

Erläuterungen:

In den Darstellungen ist die Verteilung der durchschnittlichen ^{65}Zn -Aktivitäten von Hennen und Hähnen gegenübergestellt. Der Durchschnitt wurde aus den ^{65}Zn -Werten jeweils zweier gleichgeschlechtlicher Tiere einer zeitlich gleichen Schlachtgruppe ermittelt.

Die $\circ / \times$ stellen den Mittelwert, die ausgezogenen Striche nach oben und unten die Maximal- bzw. Minimalwerte der Tiere dar.

Angaben erfolgen in pCi/g FS, die Zeit in Tagen p. appl., die Numerierung entspricht der des Faltblattes.

Henne 25 wurde wegen gesundheitlicher Mängel ausgeschieden. Am 8. Tag stand nur ein Hahn zum Schlachten zur Verfügung.

$\circ$ - (w) = Hennen;

$\times$ - (m) = Hähne;

2500 pCi/g.

2000

1000

500

100

50

20

10

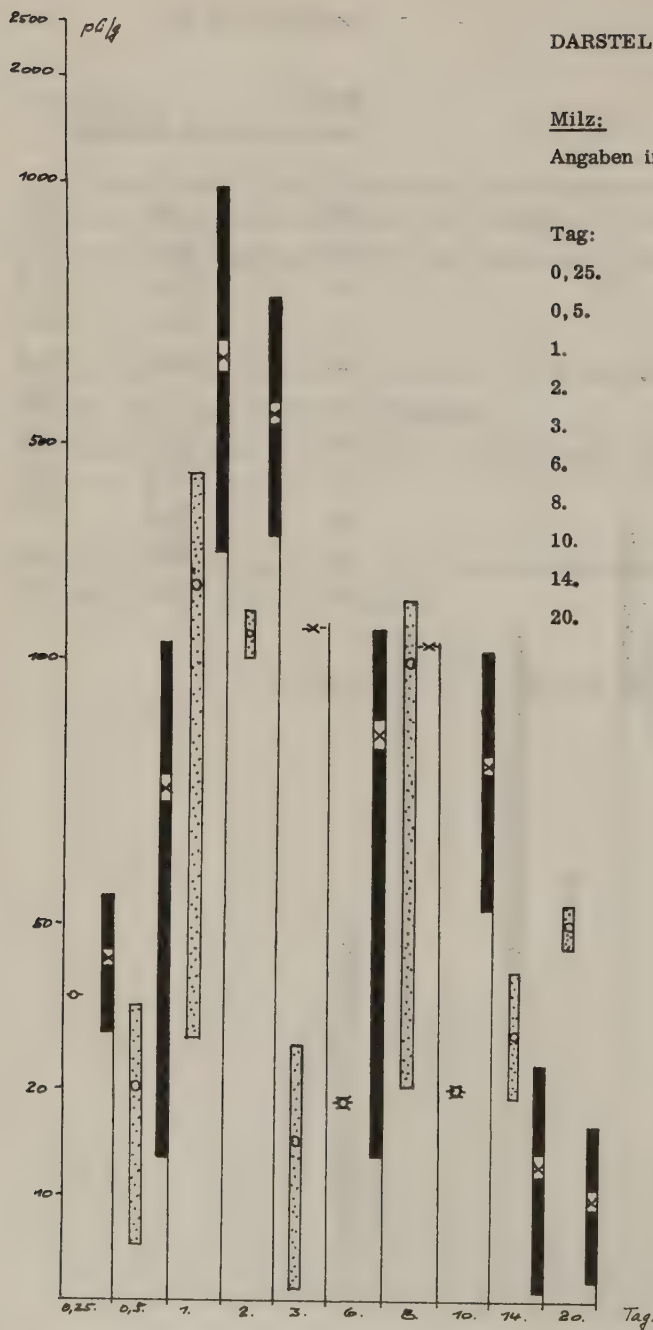
0,25 0,5 1. 2. 3. 6. 8. 10. 14. 20. Tag.

DARSTELLUNG 21

Herz:

Angaben in pCi/g Frischgew.

Tag:	(m)	(w)
0,25	21,3	31,8
0,5	12,5	44,8
1.	235,6	24,1
2.	216,3	104,7
3.	53,9	13,4
6.	85,8	3,8
8.	112,6	13,7
10.	77,8	26,4
14.	25,1	5,8
20.	17,5	25,4



DARSTELLUNG 22

Milz:

Angaben in pCi/g Frischgew.

Tag:	(m)	(w)
0,25.	44,4	37,2
0,5.	77,2	20,4
1.	695,1	258,5
2.	571,3	160,1
3.	168,1	15,1
6.	86,3	19,1
8.	136,4	124,8
10.	81,3	19,4
14.	12,4	29,8
20.	8,6	51,9

2500
2000
1000
500
100
50
20
10
0

pg/g.

DARSTELLUNG 23

Blut:

Angaben in pCi/g Frischgew.

Tag:	(m)	(w)
0,25.	7,6	50,0
0,5.	5,2	1,5
1.	34,0	5,0
2.	52,3	10,9
3.	8,8	1,8
6.	26,4	1,2
8.	57,8	5,0
10.	23,7	11,3
14.	6,5	13,0
20.	6,0	6,5

100

50

20

10

0,25. 0,5. 1. 2. 3. 6. 8. 10. 14. 20. Tag.

0,25. 0,5. 1. 2. 3. 6. 8. 10. 14. 20. Tag.

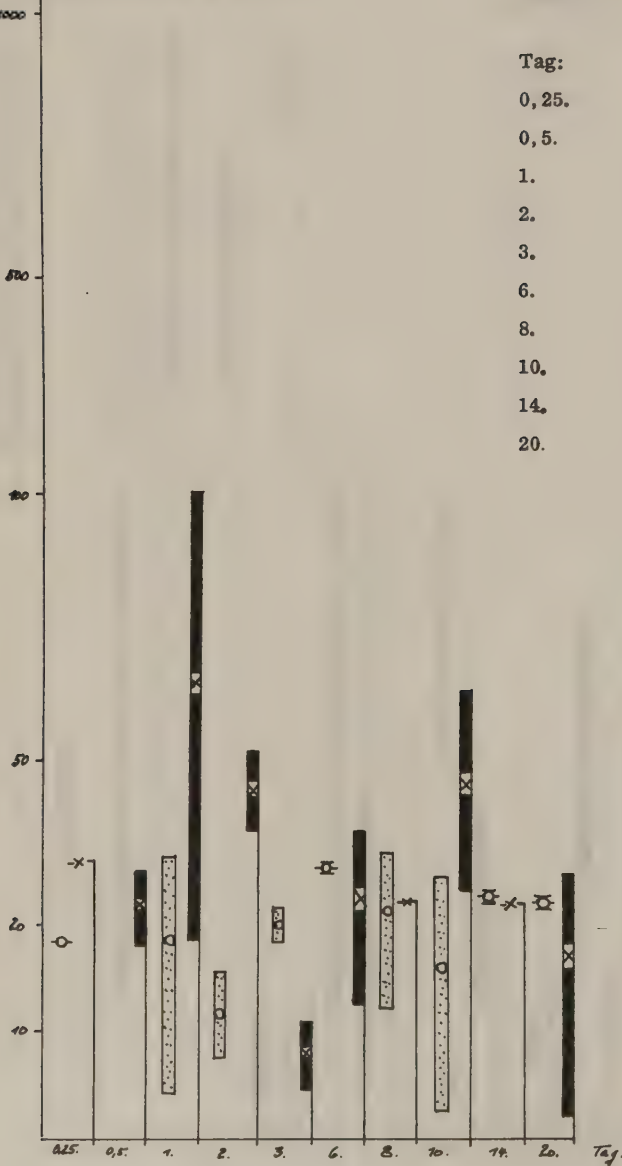
pCi/g
2500
2000

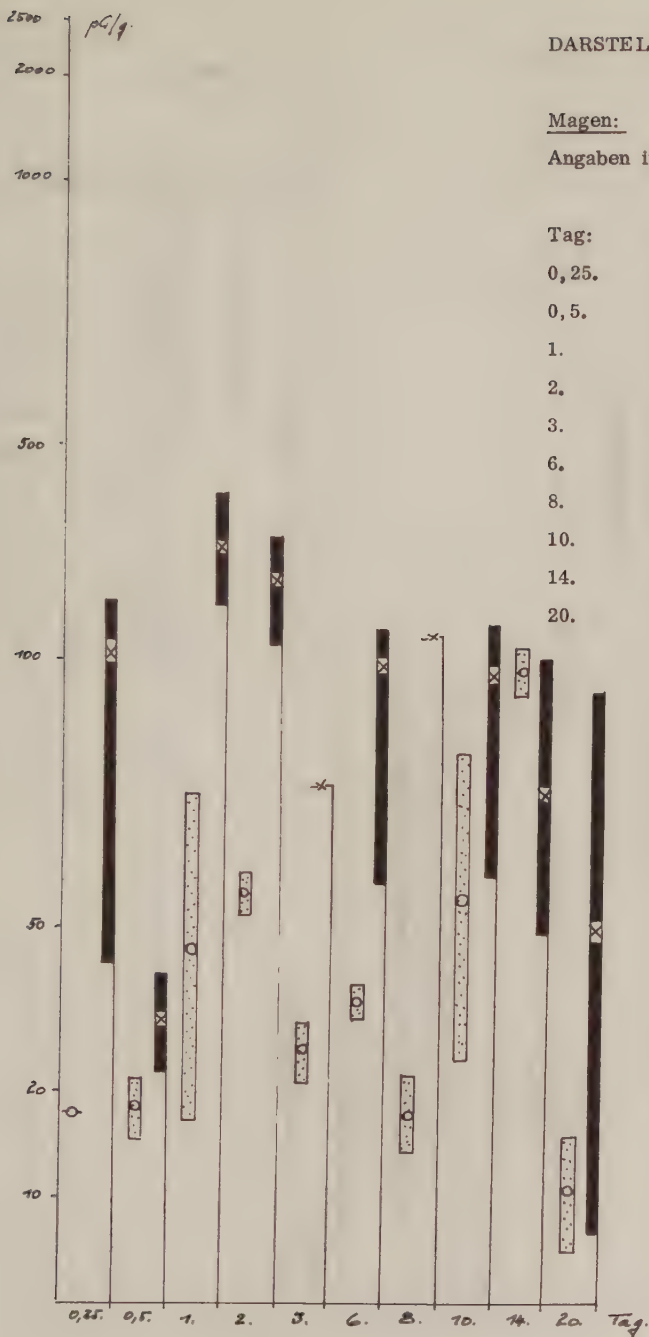
DARSTELLUNG 24

Lunge:

Angaben in pCi/g Frischgew.

Tag:	(m)	(w)
0,25.	31,1	18,2
0,5.	22,8	--,-
1.	65,9	18,6
2.	45,0	11,0
3.	7,2	20,3
6.	25,4	30,4
8.	23,7	23,3
10.	46,2	15,7
14.	24,1	25,1
20.	16,1	23,2



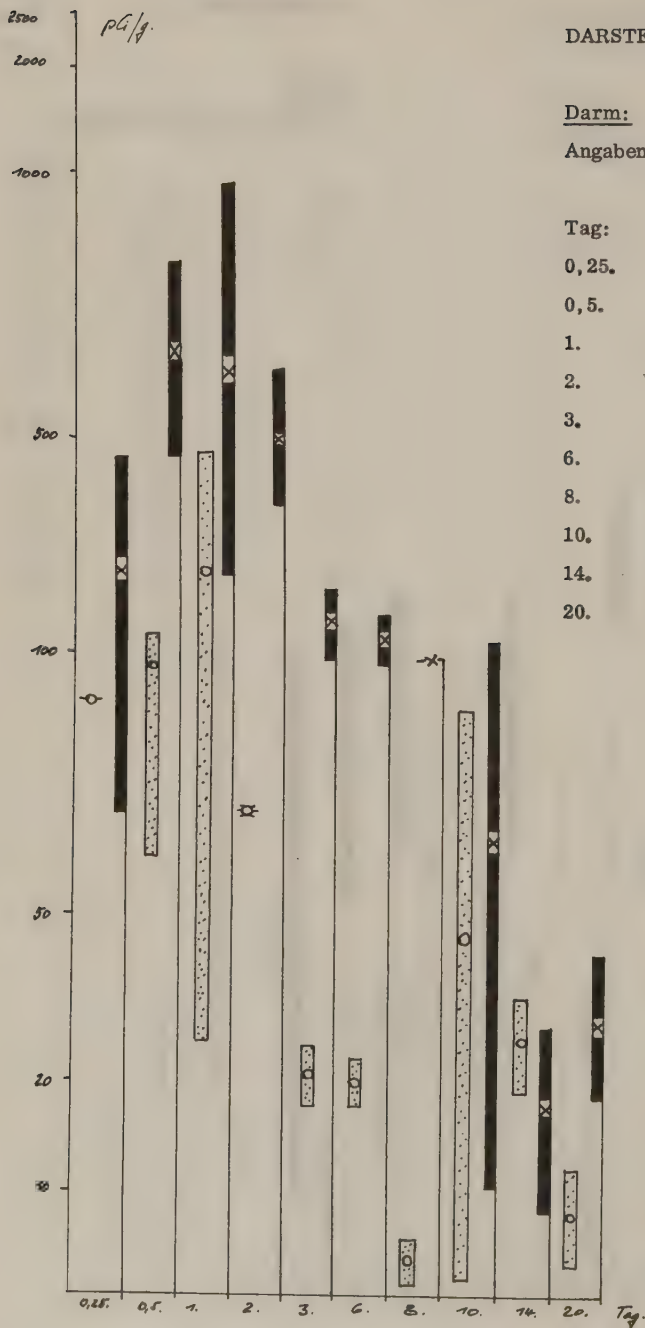


DARSTELLUNG 25

Magen:

Angaben in pCi/g Frischgew.

Tag:	(m)	(w)
0,25.	138,8	17,7
0,5.	33,3	19,1
1.	327,4	47,7
2.	243,1	58,2
3.	77,4	27,0
6.	105,8	37,3
8.	162,1	17,8
10.	110,9	55,2
14.	76,7	105,4
20.	50,8	10,3



DARSTELLUNG 26

Darm:

Angaben in pCi/g Frischgew.

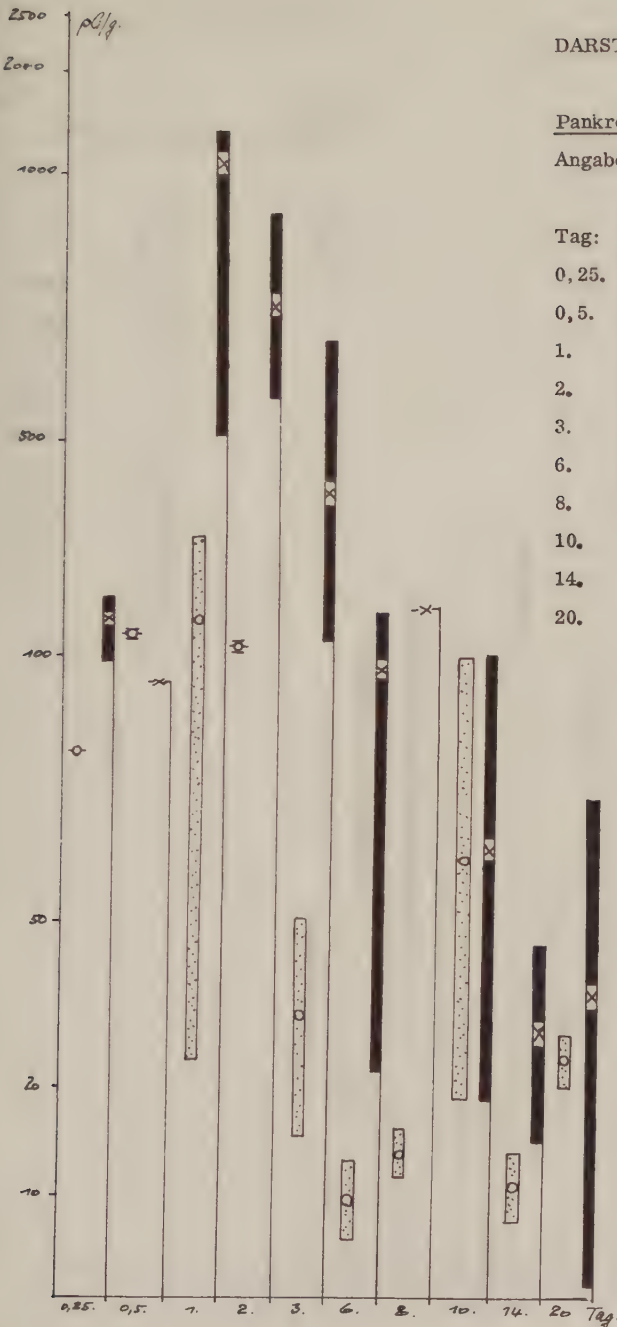
Tag:	(m)	(w)
0,25.	279,0	92,6
0,5.	677,7	100,5
1.	646,6	260,11
2.	528,4	70,52
3.	106,3	20,6
6.	144,2	20,4
8.	101,0	3,1
10.	67,1	46,1
14.	28,2	26,6
20.	30,5	7,8

DARSTELLUNG 27

Pankreas:

Angaben in pCi/g Frischgew.

Tag:	(m)	(w)
0,25.	166,6	83,5
0,5.	96,7	168,3
1.	1242,5	175,3
2.	784,4	134,7
3.	429,3	33,5
6.	101,9	9,8
8.	199,3	14,1
10.	64,6	63,5
14.	30,1	11,1
20.	37,9	25,9



2500 pCi/g.

2000

1000

500

100

50

20

10

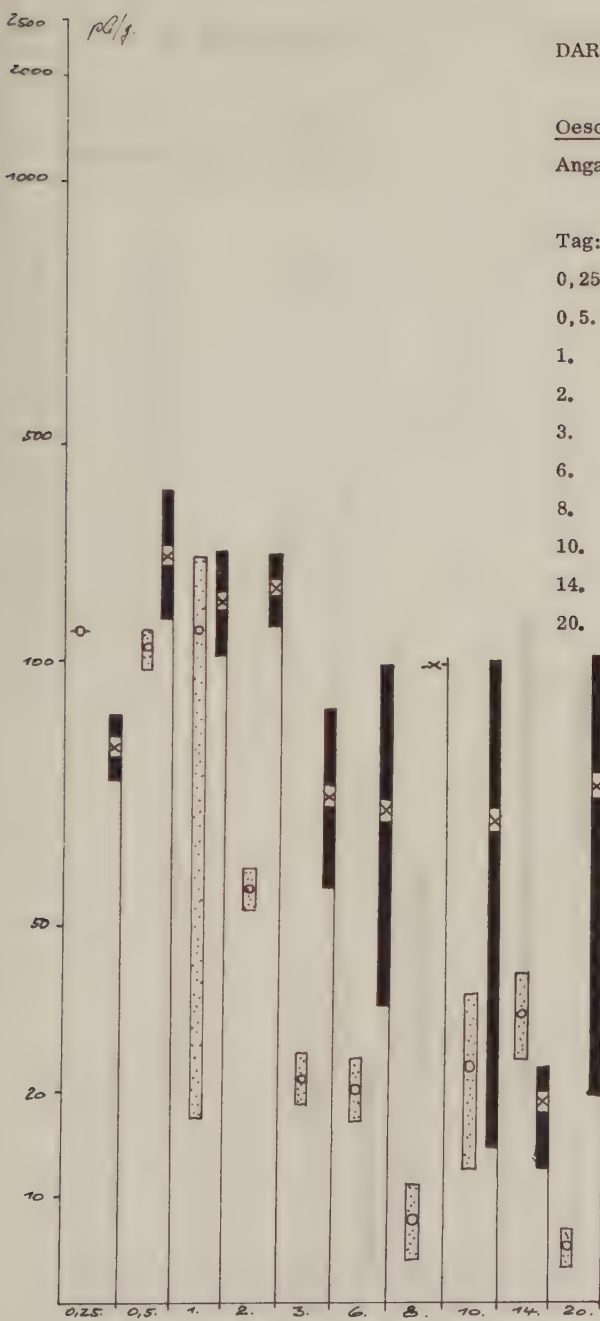
0,25. 0,5. 1. 2. 3. 6. 8. 10. 14. 20. Tag.

DARSTELLUNG 28

Leber:

Angaben in pCi/g Frischgew.

Tag:	(m)	(w)
0,25	83,8	89,8
0,5.	845,3	140,1
1.	1353,1	152,7
2.	684,9	60,2
3.	250,8	46,9
6.	226,4	43,9
8.	352,6	3,5
10.	114,4	105,4
14.	80,4	33,4
20.	37,0	18,0



DARSTELLUNG 29

Oesophagus:

Angaben in pCi/g Frischgew.

Tag:	(m)	(w)
0,25.	85,9	177,6
0,5.	325,9	134,9
1.	228,3	178,9
2.	255,0	58,8
3.	75,7	22,9
6.	72,4	21,7
8.	109,3	7,7
10.	61,8	26,0
14.	19,1	35,2
20.	77,4	5,7

2500
2000
1000
500
100
50
20
10
0

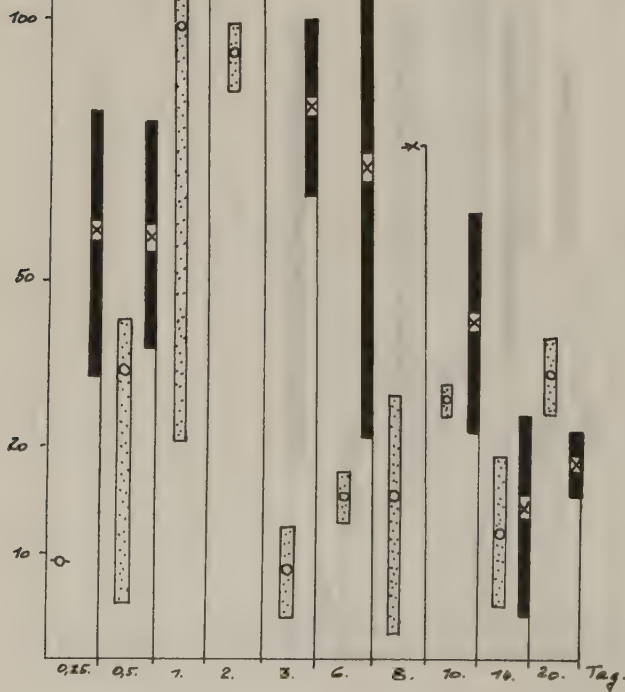
pCi/g

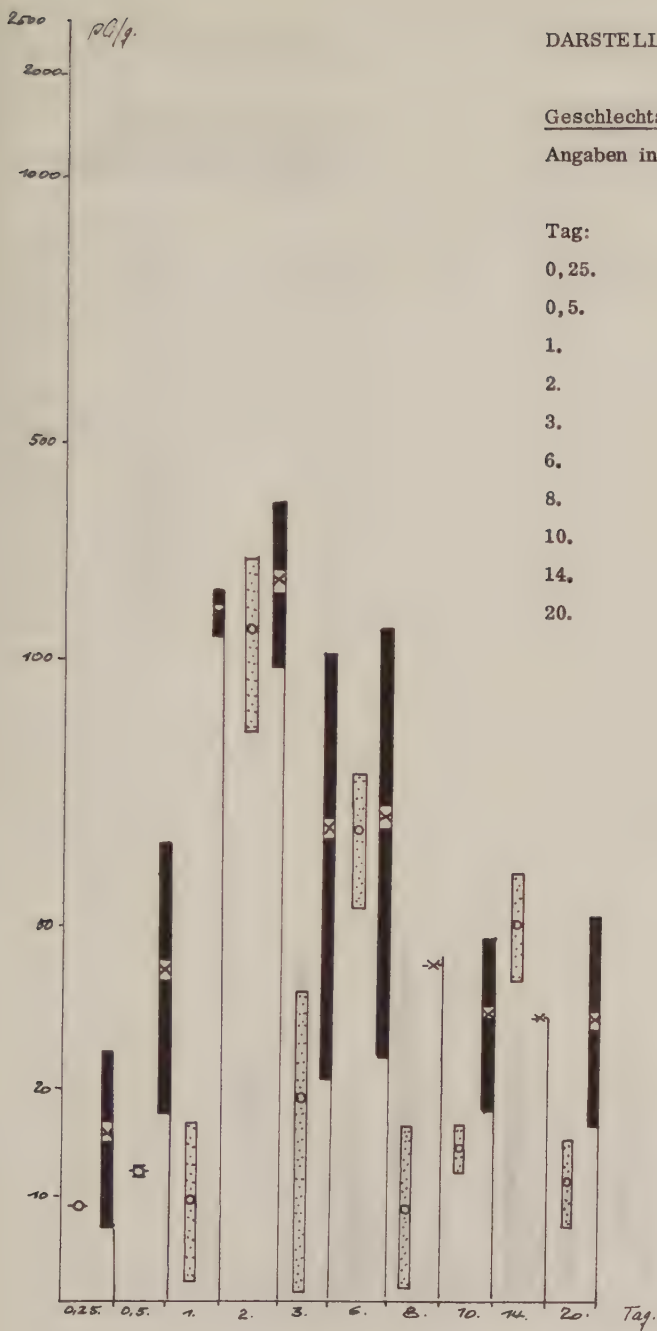
DARSTELLUNG 30

Niere:

Angaben in pCi/g Frischgew.

Tag:	(m)	(w)
0,25.	60,1	9,7
0,5.	60,0	34,7
1.	639,7	102,9
2.	462,1	93,6
3.	85,8	9,2
6.	74,0	15,8
8.	78,3	15,8
10.	44,3	29,5
14.	14,4	12,4
20.	18,7	37,7





DARSTELLUNG 31

Geschlechtsorgane:

Angaben in pCi/g Frischgew.

Tag:	(m)	(w)
0,25.	17,9	9,5
0,5.	44,1	13,7
1.	211,7	10,4
2.	267,6	153,9
3.	69,8	19,5
6.	72,8	69,9
8.	44,9	9,0
10.	34,3	14,8
14.	34,1	51,5
20.	35,6	11,4

pCi/g
2500

2000

1000

500

100

50

20

10

0,25. 0,5. 1. 2. 3. 6. 8. 10. 14. 20.

Tag.

DARSTELLUNG 32

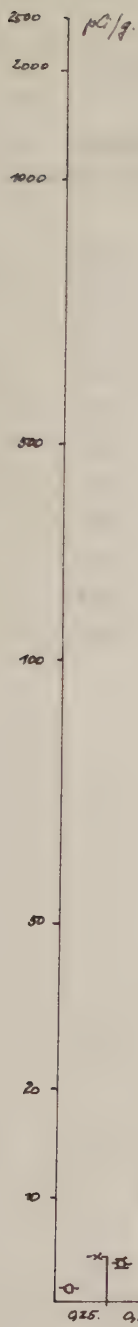
Muskulatur-Extremitäten:

Angaben in pCi/g Frischgew.

Tag:	(m)	(w)
0,25.	13,7	7,7
0,5.	6,7	9,4
1.	8,9	16,0
2.	10,5	3,7
3.	8,2	10,3
6.	18,5	5,4
8.	51,5	13,4
10.	27,5	3,1
14.	12,8	6,2
20.	28,8	11,2

0,25. 0,5. 1. 2. 3. 6. 8. 10. 14. 20.

Tag.

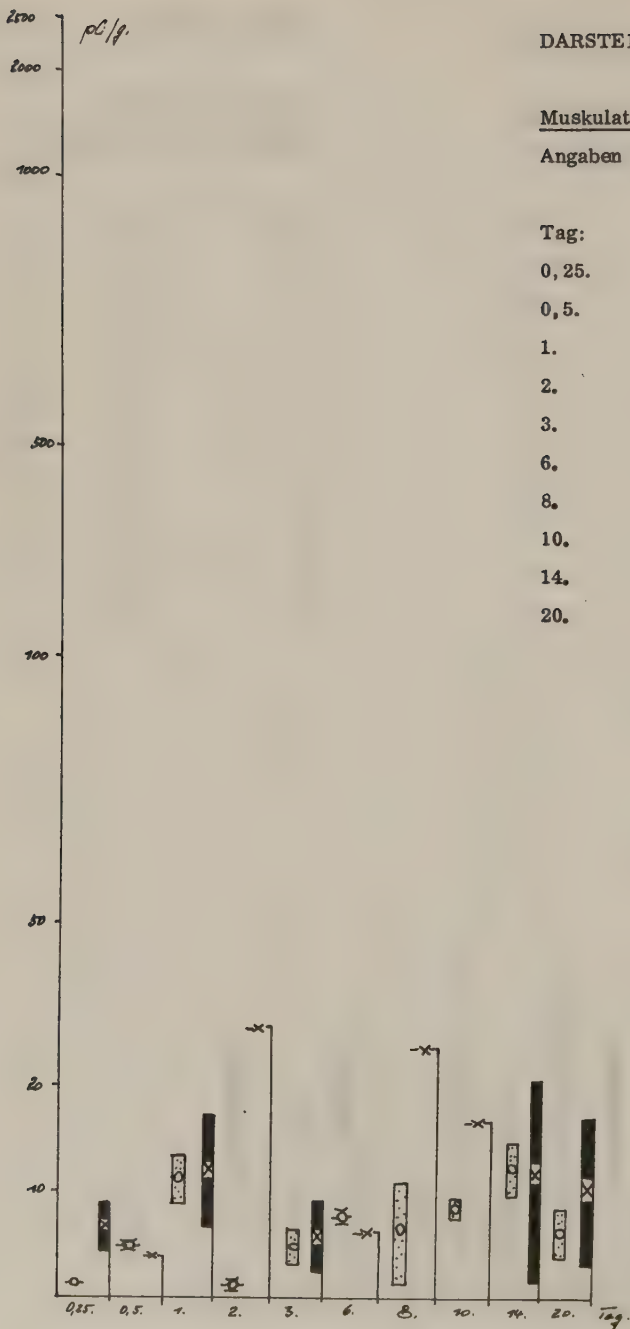


DARSTELLUNG 33

Muskulatur - Brust:

Angaben in pCi/g Frischgew.

Tag:	(m)	(w)
0,25.	4,7	1,5
0,5	6,8	4,4
1.	18,7	2,6
2.	25,9	9,9
3.	13,4	10,2
6.	16,8	5,9
8.	15,8	6,0
10.	15,8	9,9
14.	13,4	14,9
20.	18,8	5,3



DARSTELLUNG 34

Muskulatur-Dünnung:

Angaben in pCi/g Frischgew.

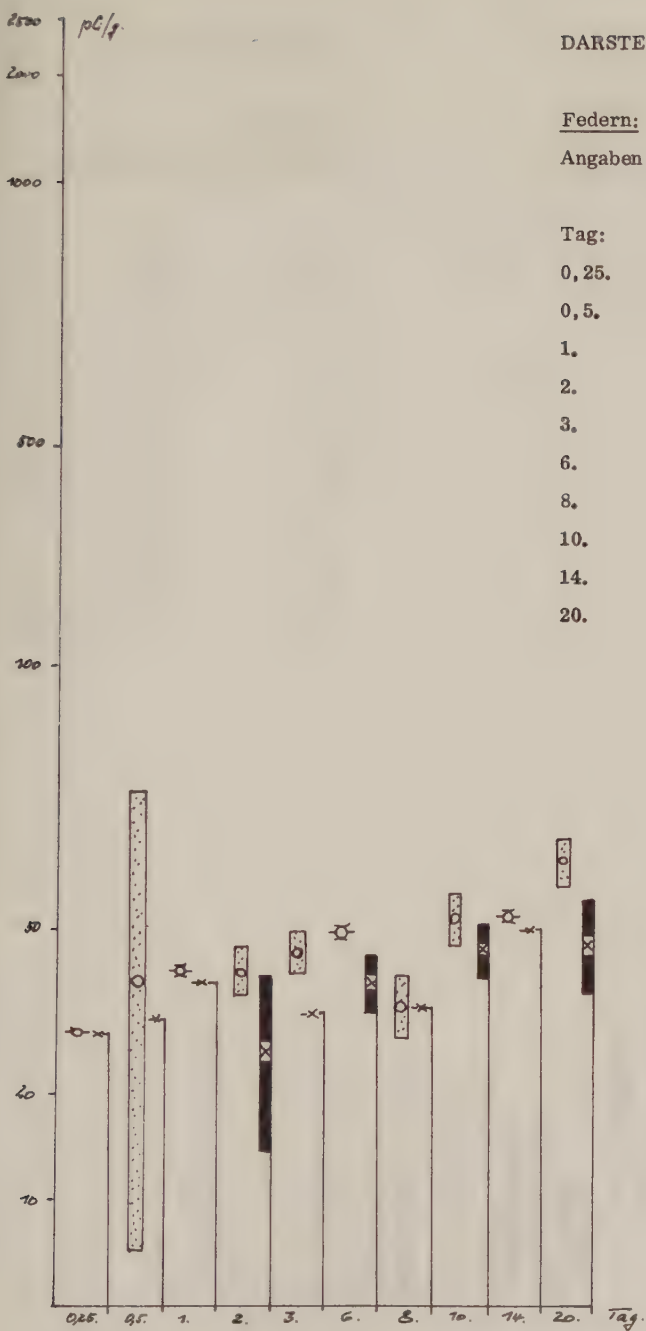
Tag:	(m)	(w)
0,25.	7,0	1,1
0,5.	4,1	5,1
1.	12,4	11,3
2.	31,1	0,4
3.	5,8	5,4
6.	6,5	8,3
8.	27,8	6,4
10.	16,8	8,4
14.	11,1	11,9
20.	10,6	6,4

DARSTELLUNG 35

Federn:

Angaben in pCi/g Frischgew.

Tag:	(m)	(w)
0,25.	31,3	32,7
0,5.	34,1	41,4
1.	42,6	42,8
2.	28,6	43,0
3.	35,4	47,4
6.	41,1	51,1
8.	36,3	35,7
10.	47,2	53,2
14.	51,2	53,2
20.	48,9	64,5



2500 pCi/g.

2000

1000

500

100

50

20

10

0,25.

0,5.

1.

2.

3.

6.

8.

10.

14.

20.

DARSTELLUNG 36

Kopfanhang:

Angaben in pCi/g Frischgew.

Tag:	(m)	(w)
0.25.	2,2	6,6
0.5.	2,2	6,3
1.	24,4	13,7
2.	23,1	10,1
3.	8,3	6,6
6.	8,9	2,3
8.	18,9	4,9
10.	7,6	1,8
14.	2,5	5,5
20.	5,5	15,1

Tag.

2500 $\mu\text{Ci/g}$.

2000

DARSTELLUNG 37

Haut:

Angaben in $\mu\text{Ci/g}$ Frischgew.

Tag:	(m)	(w)
0,25.	12,4	5,7
0,5.	3,6	34,0
1.	17,6	9,7
2.	23,7	1,3
3.	10,3	7,8
6.	12,7	9,7
8.	19,2	19,0
10.	17,5	12,5
14.	10,2	4,8
20	4,6	18,6

500

50

20

10

0,25. 0,5. 1. 2. 3. 6. 8. 10. 12. 20. Tag.

0,25. 0,5. 1. 2. 3. 6. 8. 10. 12. 20. Tag.

2500
2000
1000
pCi/g

DARSTELLUNG 38

Knochen:

Angaben in pCi/g Frischgew.

500

100

50

20

10

0,25. 0,5. 1. 2. 3. 6. 8. 10. 14. 20. Tag.

Tag:	(m)	(w)
0,25.	16,3	9,9
0,5.	12,0	9,7
1.	61,9	13,9
2.	54,8	156,9
3.	23,4	76,9
6.	21,3	60,7
8.	8,7	57,6
10.	16,8	94,4
14.	16,3	71,8
20.	92,6	21,9

Tag.

der Regel wiesen die Leber, Pankreas, Darm und Milz bei den Hähnen nicht nur temporär die höchsten Zn-Werte aller untersuchten Organe auf, sondern auch im Mittel der 20 Versuchstage. Das wird aus Tabelle 5 und 6 ersichtlich.

Tabelle 5:

Hähne		Hennen	
Organe	Ø Zink ⁶⁵ -Akt. in pCi/g FS	Organe	Ø Zink ⁶⁵ -Akt. in pCi/g FS
Leber	402,9	Milz	73,6
Pankreas	315,3	Pankreas	72,1
Darm	259,9	Leber	69,4
Milz	188,1	Oesophagus	66,9
Niere	153,7	Darm	64,7
Magen	132,6	Knochen	57,3
Oesophagus	131,1	Federn	46,5
Herz	85,8	Magen	39,6
Geschl. org.	83,3	Geschl. org.	36,4
Federn	39,7	Niere	36,1
Knochen	32,4	Herz	29,4
Lunge	30,8	Lunge	20,6
Blut	22,8	Haut	12,3
Musk. Extr.	18,7	Blut	10,6
Musk. Brust	15,7	Musk. Extr.	8,6
Musk. Dünn.	13,3	Kopfanhang	7,3
Haut	13,2	Musk. Brust	7,1
Kopfanhang	10,4	Musk. Dünn.	6,5

Bei den Hennen dagegen zeigten Milz, gefolgt von Pankreas, Leber und Oesophagus die höchsten Konzentrationen. Beim Hahn folgen dann Niere, Magen und Oesophagus, bei der Henne Knochen und Federn.

In Tabelle 6 werden die 3 maximalen ^{65}Zn -Anreicherungen in den Organen je zweier Hennen und Hähne zeitlich gleicher Schlachtgruppen gegenübergestellt.

Hennen			Hähne									
Angaben in pCi/g FS und Organ in 3 Maximalwerten/Tier												
Zeit in Tagen	65 Zn Organ	65 Zn Organ	65 Zn Organ	65 Zn Organ	65 Zn Organ	65 Zn Organ	65 Zn Organ	65 Zn Organ	65 Zn Organ	65 Zn Organ		
0,25	Oesoph. --	178 --	Darm --	93 --	Leber --	90 --	Pankr. Darm	205 488	Oesoph. Magen	93 233	Niere Pankr.	85 128
0,5	Pankr. Pankr.	166 170	Leber Leber	162 119	Oesoph. Oesoph.	152 118	Leber Leber	560 1131	Darm Milz	488 941	Oesoph. Darm	195 867
1	Darm Leber	494 94	Milz Federn	487 44	Oesoph. Lunge	340 33	Pankr. Leber	1941 2250	Milz Darm	1083 1025	Niere Pankr.	1028 545
2	Geschl. Milz	219 127	Knochen Pankr.	200 124	Milz Herz	194 124	Leber Milz	968 793	Pankr. Pankr.	967 602	Niere Leber	679 402
3	Knochen Knochen	78 76	Leber Pankr.	72 52	Federn Federn	44 51	Pankr. Leber	718 225	Leber Milz	277 161	Darm Pankr.	231 141
6	Geschl. Knochen	83 73	Leber Geschl.	12 56	Federn Federn	51 52	Leber Leber	288 165	Darm Darm	187 102	Pankr. Magen	179 49
8	Milz Knochen	229 46	Knochen Lunge	69 33	Federn Federn	41 30	Leber --	353 --	Pankr. --	199 --	Magen --	162 --
10	Federn Leber	57 192	Knochen Knochen	47 142	Niere Pankr.	31 108	Leber Magen	187 61	Magen Milz	161 53	Herz Federn	137 53
14	Magen Magen	95 116	Federn Knochen	53 92	Knochen Geschl.	52 62	Leber Leber	52 109	Federn Magen	51 103	Magen Federn	50 52
20	Federn Federn	70 60	Milz Milz	50 55	Niere Lunge	35 35	Knochen Oesoph.	103 135	Federn Magen	58 95	Geschl. Knochen	53 83

Die absolut niedrigsten ^{65}Zn -Konzentrationen wurden bei den Hähnen in Kopfanhängen und im Blut gemessen, im Mittel allerdings in Kopfanhängen und der Haut; die absolut niedrigsten Werte bei der Henne wurden im Blut, in der Haut und in den Geschlechtsorganen registriert, durchschnittlich jedoch in Muskeldünnung, Brustmuskulatur und Kopfanhängen.

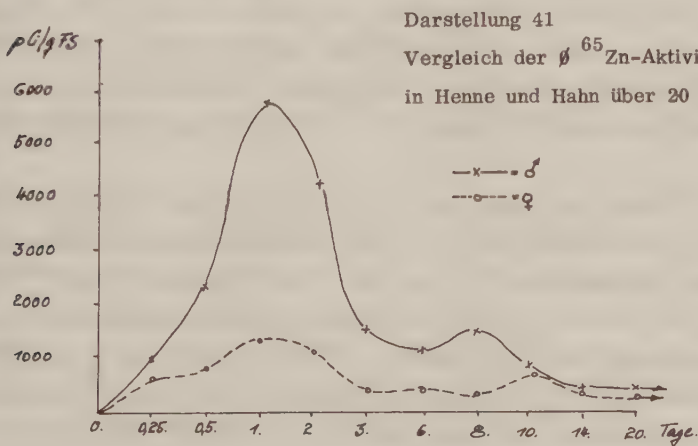
Mit Ausnahme der Knochen und Federn enthielten die übrigen untersuchten Organe und Gewebe des Hahnes im Schnitt höhere ^{65}Zn -Konzentrationen als die weiblicher Tiere.

Die zusammenfassende Betrachtung der ^{65}Zn -Verteilung im Organismus von Hahn und Henne zeigt, daß innerhalb der Gewebe eines einzelnen Hahnes, aber auch im Vergleich von Hahn zu Hahn größere ^{65}Zn -Unterschiede bestehen als in den Geweben einer Henne oder im Vergleich zwischen verschiedenen Hennen.

Beim Hahn enthält die Leber als das zinkreichste Organ 40 x höhere Konzentrationen als dessen Kopfanhänge. Bei der Henne wird dagegen in ihrem zinkreichsten Organ, der Milz, nur eine 11 x so hohe ^{65}Zn -Konzentration gefunden wie in ihrem zinkärmsten Gewebe, der Flanken- oder Dünnungsmuskulatur.

Resorbiertes ^{65}Zn scheint sich also im weiblichen Organismus gleichmäßiger zu verteilen als im männlichen.

Besonders deutlich tritt dies in Darstellung 41 in Erscheinung.



Ihr kann entnommen werden, daß der männliche Organismus zum 0,5. Tag p. appl. 3 x so hohe ^{65}Zn -Konzentrationen aufwies als der weibliche. Am auffälligsten sind die Differenzen in der ^{65}Zn -Anreicherung am 1. Tag p. appl. Zu diesem Zeitpunkt enthielt der Organismus der Hähne eine 4 x so hohe ^{65}Zn -Anreicherung als der der Hennen. 2 Tage p. appl. bestanden wieder ähnliche Relationen wie am 0,5. Tag. Bei den Hähnen war, nach zwischenzeitlichem Abfall am 8. Tag p. appl., ein erneuter leichter Anstieg der ^{65}Zn -Konzentration in den Organen zu finden; bei den Hennen trat diese Erscheinung etwa zwischen dem 10. und 14. Tage auf.

Darstellungen 1 - 20 veranschaulichen die Verteilung des ^{65}Zn in den verschiedenen untersuchten Organen und Geweben im Organismus von Hahn und Henne. Sie lassen einen raschen Anstieg der ^{65}Zn -Konzentration in fast allen parenchymatösen Organen, besonders den Lebern, des männlichen und weiblichen Tieres erkennen. Beim Hahn zeigt sich dieser Anstieg deutlicher als bei der Henne.

Am 1. Tag p. appl. werden bei Henne und Hahn in Pankreas, Leber, Niere und Verdauungstrakt die höchsten ^{65}Zn -Konzentrationen angetroffen, in Milz, Herz, Lunge und Geschlechtsorganen etwa am 1. - 6. Tag. In Muskulatur, Haut, Federn und Knochen werden maximale ^{65}Zn -Anreicherungen dagegen erst zwischen dem 7. und 20. Tag gemessen.

Pankreas, Leber, Niere und Verdauungstrakt geben aufgenommenes ^{65}Zn rasch wieder ab, Herz, Milz, Lunge und Geschlechtsorgane langsamer aber doch bedeutend schneller als Muskulatur, Haut, Federn und Knochen; in ihnen konnte gegen Versuchs-ende sogar noch eine geringe Steigerung der ^{65}Zn -Anreicherung festgestellt werden.

Offenbar wird ^{65}Zn in den Organen und Geweben des Organismus verschieden rasch ausgetauscht. In parenchymatösen Organen liegt das Isotop vermutlich überwiegend in einer leichter austauschbaren Form vor als in der Muskulatur, in Haut, Federn und Knochen, den sogenannten Organen der Speicherung und Ablagerung.

Darüberhinaus bestehen bei der Umlagerung des ^{65}Zn im Organismus anscheinend auch geschlechtsspezifische Unterschiede. So zeigen z.B. die Hennen ^{65}Zn -Anreicherungen schon am 3. Tag in den Knochen und am 8. Tag in den Federn, die Hähne dagegen erst zum 18. - 20. Tag.

In der Verteilungskinetik des ^{65}Zn im Organismus des Huhnes können 3 Phasen gefunden werden.

Phase I zeigt in den parenchymatösen Organen Leber, Pankreas, Milz, Niere und Magen-Darm-Trakt, besonders beim Hahn, einen raschen und starken Anstieg der ^{65}Zn -Aktivitäten, Phase II eine Kumulation des ^{65}Zn Isotopes in den Organen des Blutkreislaufes wie z. B. dem Herzen und der Lunge, Phase III eine zunehmende Um- und Ablagerung des ^{65}Zn aus den parenchymatösen Organen in Knochen, Haut und Federn.

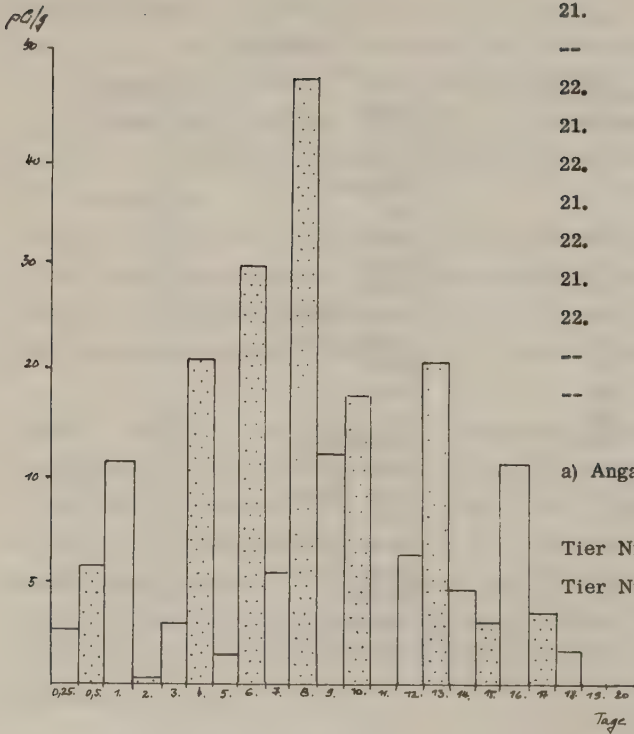
Diese Vorgänge finden auch in den unterschiedlichen biologischen Halbwertszeiten der Organe für ^{65}Zn ihren Ausdruck, wie Tabelle 7 für Henne und Hahn verdeutlicht.

Tabelle 7:

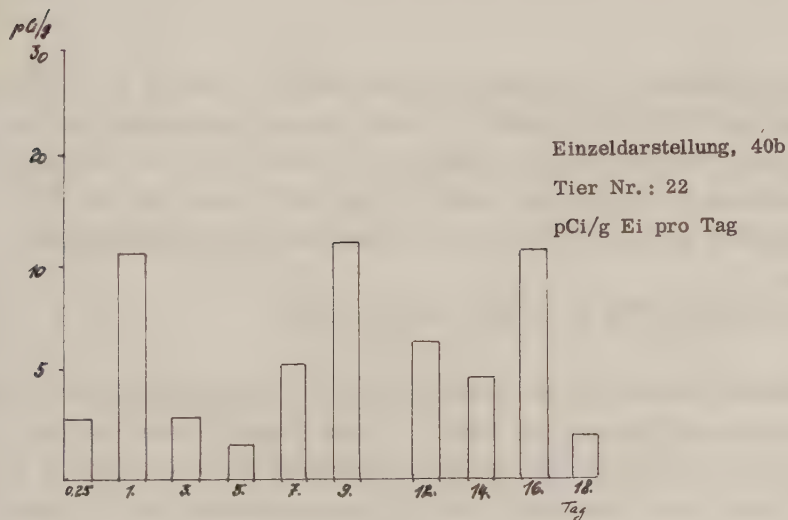
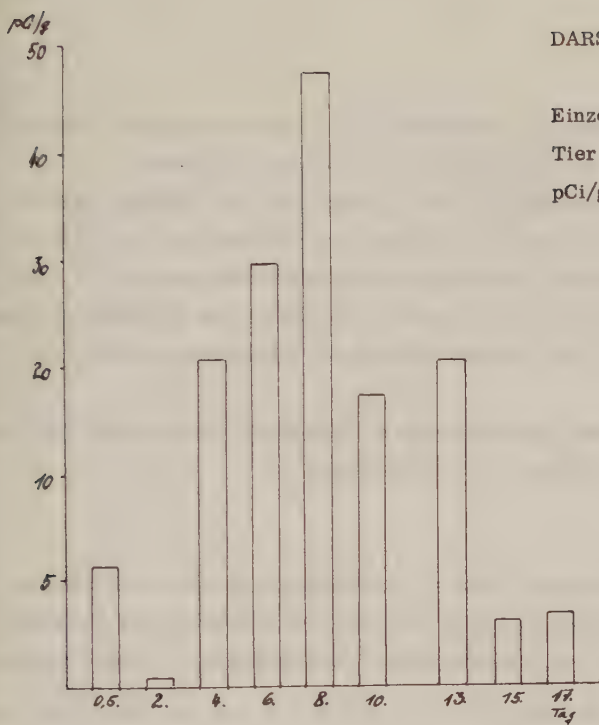
Henne		Hahn	
Organe	biol. HWZ in Tagen	Organe	biol. HWZ in Tagen
Oesophagus	2	Pankreas	3
Herz	3	Milz	3
Niere	3	Leber	3
Geschl. org.	6	Darm	3
Milz	8	Niere	6
Pankreas	10	Oesophagus	6
Darm	10	Geschl. org.	6
Leber	14	Herz	8
Blut	20	Magen	8
Magen	20	Blut	10
Musk. Brust	20	Kopfanhang	10
Musk. Dünn.	20	Lunge	14
Kopfanhang	20	Musk. Dünn	20
Haut	20	Haut	20
Musk. Extr.	20	Musk. Brust	20
Knochen	20	Musk. Extr.	20
Federn	20	Knochen	20
Lunge	20	Federn	20

DARSTELLUNG 39

Nr.:	Tag:	pCi/g ^{a)}
22.	0,25.	2,7
21.	0,5.	5,9
22.	1.	10,2
21.	2.	0,3
41.	3.	2,8
21.	4.	20,6
22.	5.	1,6
21.	6.	29,7
22.	7.	5,4
21.	8.	47,5
22.	9.	11,5
21.	10.	17,3
--	11. (keines gelegt!)	
22.	12.	6,4
21.	13.	20,3
22.	14.	4,8
21.	15.	3,0
22.	16.	11,2
21.	17.	3,8
22.	18.	1,7
--	19. (keines gelegt!)	
--	20. (geschlachtet)	



a) Angaben in pCi/g Frischgew.



Die kürzeste Halbwertszeit wiesen bei der Henne mit 2-3 Tagen Oesophagus, Herz und Nieren auf, beim Hahn mit 3 Tagen Pankreas, Milz, Leber und Darm.

Bei der Henne folgen Geschlechtsorgane mit 6 Tagen, Milz mit 8 Tagen, Pankreas und Darm mit 10 Tagen, die Leber mit 14 Tagen sowie Muskelmagen und Blut mit 20 Tagen, beim Hahn die Nieren, Oesophagus und Geschlechtsorgane mit 6 Tagen, Muskelmagen und Herz mit 8 Tagen, Blut sowie Kopfanhänge mit 10 Tagen, die Lunge mit 14 Tagen sowie die Haut mit einer biologischen Halbwertszeit von 20 Tagen.

Bei allen übrigen untersuchten Organen betrug die biologische Halbwertszeit mehr als 20 Tage und konnte so im Versuch nicht erfaßt werden.

Die Histogramme und numerischen Daten der Darstellungen 39 und 40 veranschaulichen die ^{65}Zn -Konzentration in den Eiern. Die Eischalen enthielten, wie Messungen ergaben, keine ^{65}Zn -Aktivitäten, daher konnte auf ihre Erfassung verzichtet werden.

Aus einem Vergleich mit Darstellung 1 - 20 und Tabelle 5 wird ersichtlich, daß das Ei nur geringe ^{65}Zn -Aktivitäten anreichert. Es liegt mit einer Konzentration von 10,9 pCi/g FS (Spannweite 0,03 - 47,5 pCi/g FS) zwischen Haut, Blut und Muskulatur.

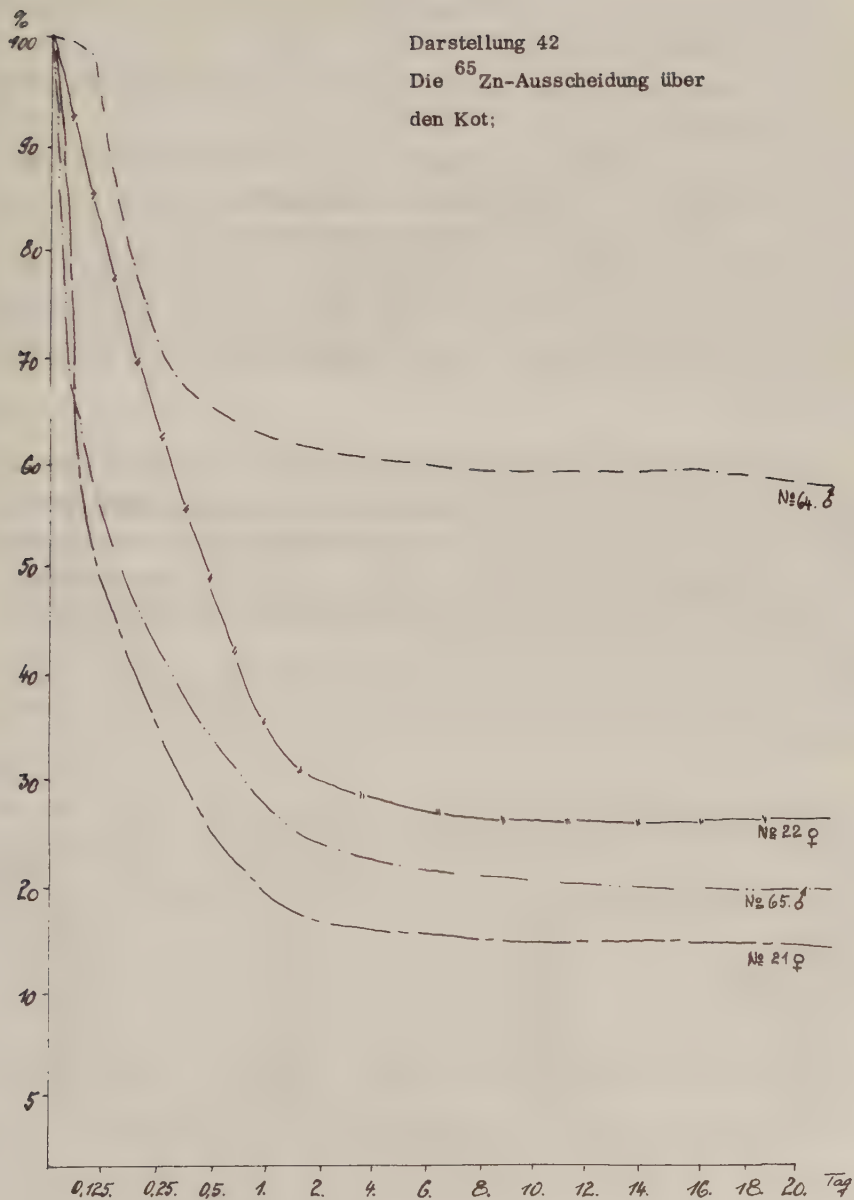
Offensichtlich bestehen, wie Darstellungen 40 a-b erkennen lassen, in der ^{65}Zn -Verteilung der Eier verschiedener Hennen individuell bedingte Unterschiede. Zwar entsprechen die ^{65}Zn -Konzentrationen in den Eiern der Henne 21 in etwa einer Gauß'schen Verteilung mit Höchstwerten um den 8. Tag von 47,5 pCi/g FS, aber die ^{65}Zn -Aktivitäten der Eier von Henne 22 ließen keine derartigen Regelmäßigkeiten erkennen.

Die Halbwertszeit von ^{65}Zn in den Eiern betrug 13 Tage.

Die graphische Darstellung 42 gibt Aufschluß über die ^{65}Zn -Ausscheidung der Tiere über den Kot in 20 Tagen, über die ersten 48 Stunden Tabelle 4. Diese Tabelle 4 zeigt, daß von den zwei Hähnen nach zwei Tagen bereits 39,8 % bzw. 74,6 % und von den beiden Hennen 70,5 % bzw. 84,4 % der oral applizierten Dosis ^{65}Zn mit

Darstellung 42

Die ^{65}Zn -Ausscheidung über
den Kot;



den Faeces exkretiert wurden, vom 3. Tag bis zum Versuchsende am 20. Tag nur noch durchschnittlich 2 - 3 %.

Während der Versuchszeit wurden über den Kot maximal 86,4 % des verabreichten ^{65}Zn ausgeschieden.

Die beiden Hennen emittierten über die Eier in den 20 Tagen p. appl. 0,166 bzw. 0,41 % des applizierten ^{65}Zn ; dabei dürften, wie bei der Resorption und Verteilung, Schwankungen in der Ausscheidung ebenfalls individuell bedingt sein.

Eine Ausscheidung über Abnutzung und Abschilferung von Haut und Gefieder konnte nicht ermittelt werden. Sie dürfte selbst bei der Henne, die in den Federn die höheren ^{65}Zn -Konzentrationen aufweist, in den 20 Tagen Erfassungszeit von geringer Bedeutung sein.

Um ein Verhältnis $^{65}\text{Zn} : \text{Zn}$ beurteilen zu können, wurde in Darm, Leber, Niere, Magen, Brust-, Extremitätenmuskulatur, Haut und Knochen entsprechender Tiere der stabile Zinkgehalt aus nahrungsmittelkundlichen und physiologischen Gründen ermittelt und dem ^{65}Zn -Gehalt gegenübergestellt. Tabelle 8 gibt über den durchschnittlichen Zn-Gehalt, die ^{65}Zn -Konzentration sowie die Relation $^{65}\text{Zn} : \text{Zn}$ ($^{65}\text{Zn} : \text{mg Zn}$) Auskunft.

Tabelle 8:

Organe	$\bar{\text{Zn}}$ in $\mu\text{g}/1 \text{ g FS}$	$\bar{\text{Zn}}$ 65 -Aktiv. in $\text{pCi}/1 \text{ g FS}$	$\frac{^{65}\text{Zn}}{\text{pCi}} : \frac{\text{Zn}}{^{65}\text{Zn}} : \mu\text{gZn}$
Haut	35,3	15,7	0,45
Knochen	45,9	32,4	0,71
Musk. Extr.	82,9	18,7	0,23
Musk. Brust	31,3	15,7	0,50
Leber	89,8	402,9	4,47
Niere	23,4	153,7	6,56
Magen	57,8	132,6	2,29
Darm	46,5	259,9	5,59

Leber und Extremitätenmuskulatur zeigen die höchsten, Niere und Brustmuskulatur die niedrigsten Konzentrationen an stabilem Zn; die Extremitätenmuskulatur weist den doppelten Zn-Gehalt der weniger benützten Brustmuskulatur auf.

Die Relation $^{65}\text{Zn} : \text{Zn}$ ist in den parenchymatösen Organen zum Teil um das 18-fache größer als bei Organen der Speicherung und Ablagerung.

Es bestätigt sich, daß stoffwechselaktivere Organe eine höhere spezifische Aktivität aufweisen als jene geringerer Stoffwechselintensität.

Ein Vergleich der Tabelle 9 mit den Darstellungen 25, 26, 28, 30 sowie 32, 33, 37 und 38 zeigt, daß Schwankungen im Verteilungsmuster des stabilen Zinkes den Schwankungen der ^{65}Zn -Anreicherung entsprechen.

Tabelle 9:

Ergänzende Angaben zum Zn-Gehalt verschiedener Organe von Hähnen:

- + Spannweite der jeweils ermittelten Maximal-, bzw. Minimalwerte (in $\mu\text{g/g}$ FS)
- ++ Variationsbreite als Differenz zwischen dem jeweiligen Maximal- bzw. Minimalwerten
- +++ Variationskoeffizient aller ermittelten Stichproben ($n = 6$) in Prozent

	Haut	Knochen	Mu. Extr.	Mu. Brust	Leber	Niere	Magen	Darm
Spannweite ⁺	26,3	40,5	111,2	21,2	105,0	18,0	80,2	62,6
	-	-	-	-	-	-	-	-
	48,4	58,0	49,0	35,8	72,8	29,5	36,0	32,8
Variationsbreite ⁺⁺	22,1	17,5	62,2	14,6	32,2	11,5	44,2	29,8
Variationskoeffizient ⁺⁺⁺	52,7	30,7	55,5	46,0	38,6	38,5	60,0	53,1
+ %								

Wie Tabelle 9 zeigt bewegt sich der Variationskoeffizient hinsichtlich der Häufigkeit der Werte, relativ ausgeglichen, zwischen 30,7 (Knochen) und 60,0 (Muskelmägen).

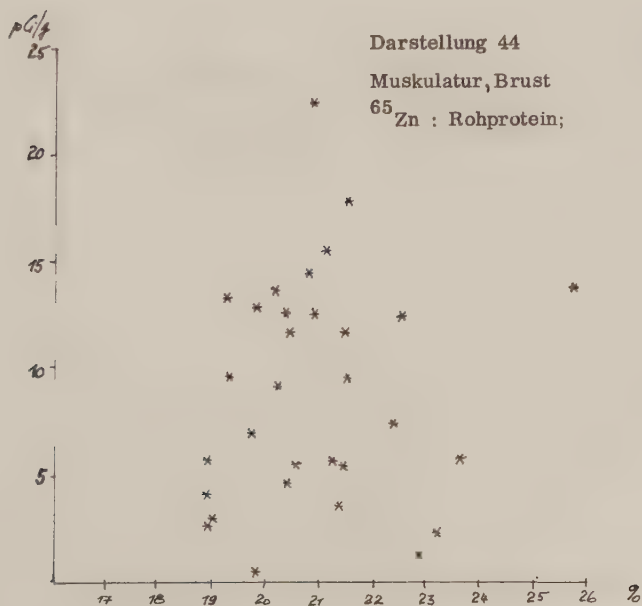
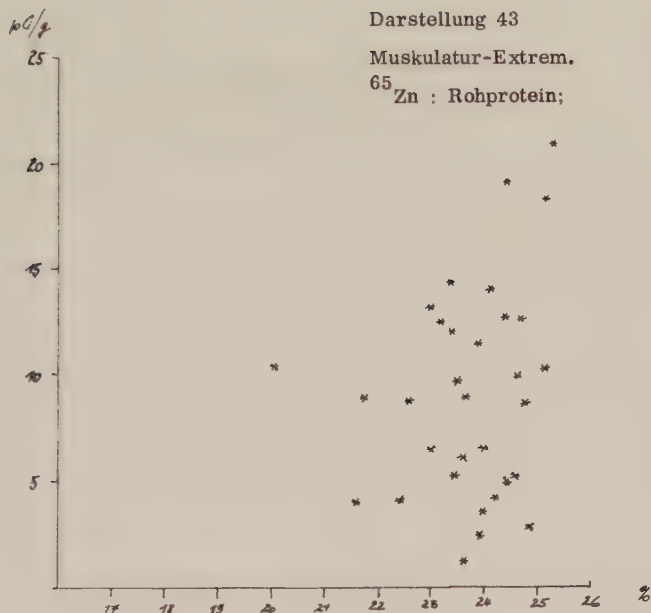
Zur Ermittlung möglicher Zusammenhänge zwischen ^{65}Zn -Gehalt der Muskulatur und ihrem Fett-, Wasser- und Rohproteingehalt wurden in der Brust-, Extremitäten- und Dünnungsmuskulatur von den Versuchstieren das Fett, Wasser und Rohprotein bestimmt.

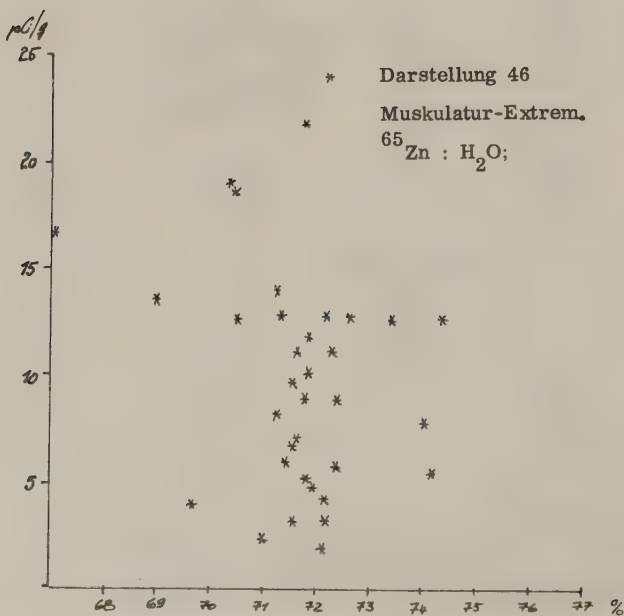
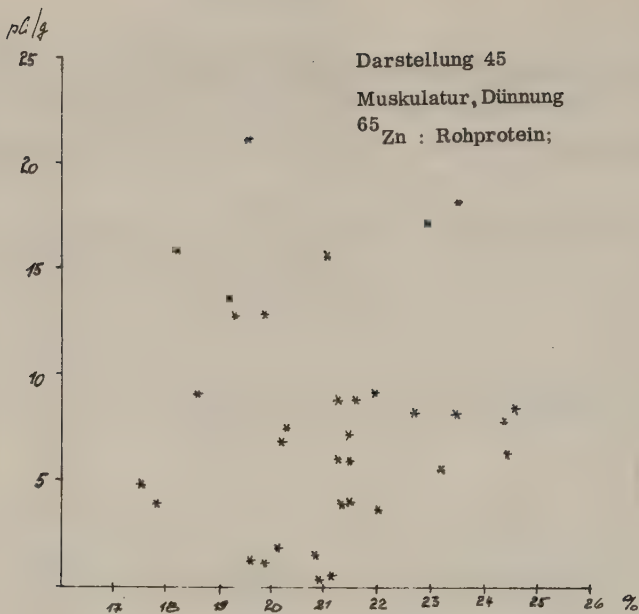
Ein Teil der Ergebnisse dieser Bestimmungen ist zusammen mit der ^{65}Zn -Konzentration der Proben aus Tabelle 10 ersichtlich.

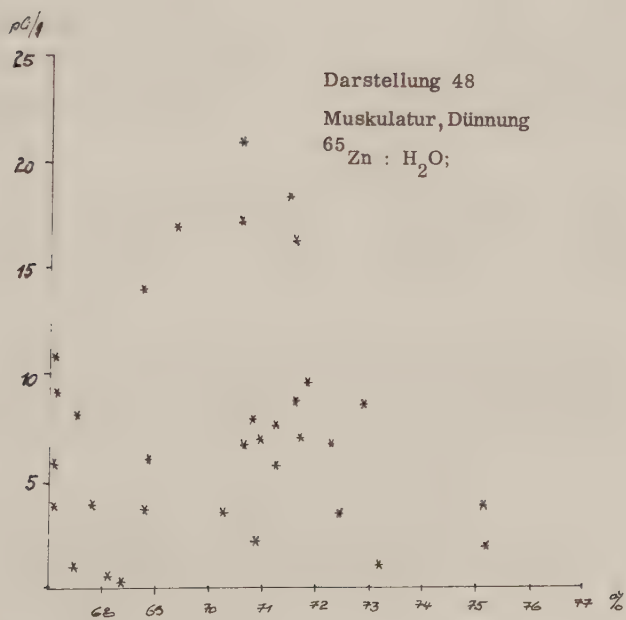
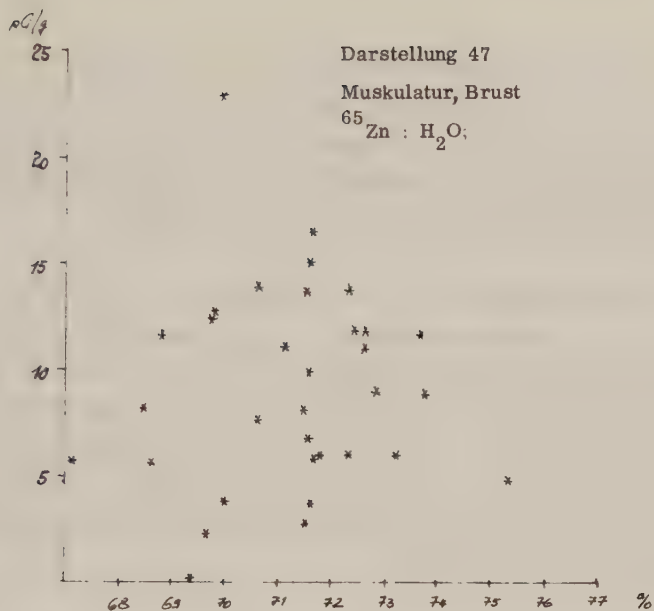
Tabelle 10:

Zeit in Tagen p. appl.	Fett in %	Wasser in %	Rohprotein in %	pCi ^{65}Zn pro g FS	Wasser: Rohprot.
Brustmuskulatur					
0,25	2,1	72,3	24,0	3,66	3,01
0,5	3,2	72,5	22,8	5,61	3,18
1	2,9	71,6	24,4	10,68	2,87
6	1,9	71,3	24,3	11,37	2,94
14	9,1	69,2	23,7	14,17	2,92
20	5,6	69,8	24,2	12,09	2,88
Extremitätenmuskulatur					
0,25	5,1	72,1	21,1	11,71	3,43
0,5	5,1	71,9	20,9	8,07	3,40
1	5,3	71,6	21,4	12,51	3,32
6	5,9	70,7	21,3	11,97	3,32
14	10,2	68,4	20,3	9,53	3,36
20	8,9	71,8	21,6	20,01	3,32
Muskeldünnung					
0,25	4,3	71,8	21,9	5,03	3,34
0,5	6,4	71,7	21,2	4,60	3,35
1	4,7	70,2	21,1	11,82	3,31
6	6,1	69,2	23,4	7,36	2,96
14	14,2	64,6	18,7	11,47	3,46
20	5,6	67,7	20,1	8,51	3,38

In Tabelle 10 wurden zur besseren Übersicht und zur Erfassung temporärer Schwankungen von den 10 vorhandenen Schlachtgruppen (i. d. Rgl. à 4 Tiere) nur 6 wesentliche angeführt; d. h. es wurden die Daten von jeweils 4 Tieren am 0,25., 0,5., 1.,







6., 14. und 20. Tag zusammengefaßt und als Mittelwert ausgedrückt.

Die Relation ^{65}Zn : Rohprotein ist für die Extremitäten-, Brust- und Dünnungsmuskulatur in Darstellung 43, 44 und 45, die Relation ^{65}Zn . Wasser für Extremitäten-, Brust- und Dünnungsmuskulatur in Darstellung 46, 47 und 48 an Hand eines Diagrammes erfaßt. Dazu wurden die Daten sämtlicher Tiere ausgewertet.

Die Annahme, daß die Rohprotein-, Rohfett-, Rohwasser- und Zinkwerte der Muskulatur zueinander in einer gewissen Abhängigkeit stehen, ist auf Grund der physiologischen Zusammenhänge hinsichtlich Aufbau und Funktion der Muskulatur durchwegs gerechtfertigt. In den Darstellungen 43 - 48 wurde der Versuch gemacht, eine derartige Abhängigkeit aufzuzeigen. Doch läßt sich hieraus (wie auch aus der erfolgten Berechnung der Korrelationskoeffizienten r) ein signifikanter Zusammenhang der Parameter nicht erbringen. Eine spezielle Versuchsanordnung, die verschiedene Fehlerquellen ausschließt, scheint dafür notwendig zu sein.

DISKUSSION:

Hennen und Hähnen waren im Hauptversuch $0,82 \mu\text{Ci } ^{65}\text{Zn/kg}$ Körpergewicht in Form einer $^{65}\text{ZnCl}_2$ -Lösung (Träger ZnCl_2 , Verdünnung $0,1 \text{ n HCl}$), oral als einmalige Dosis in den Kropf pipettiert worden. Bei Körpergewichten der Hennen und Hähne zwischen $1,75 \text{ kg}$ und $3,40 \text{ kg}$ entspricht das einer ^{65}Zn -Aufnahme pro Einzeltier zwischen $1,439$ und $2,795 \mu\text{Ci}$.

Die bis ca. 24 Stunden p. appl. geschlachteten Hennen und Hähne wiesen in der Darmschleimhaut Rötungen auf, hatten suppig-schleimigen Darminhalt und teilweise starke Diarrhoe. Derartige Veränderungen konnten bei den Kontrolltieren nicht festgestellt werden. Vermutlich handelt es sich dabei weniger um strahleninduzierte Symptome, als um die toxische Wirkung des Schwermetallions Zn . Die gewählte Applikationsweise dürfte das Auftreten der Symptome auf alle Fälle begünstigen: Den Tieren war 24 Stunden vor der Applikation das Futter entzogen worden; damit kam die $^{65}\text{ZnCl}_2$ -Lösung ($\emptyset$ Applikationsdosis 40 mg , D.physiol. $2\text{--}2,4 \text{ mg/Tg}$, D.L. $200\text{--}300 \text{ mg/Tg}$) bei nüchternem Zustand des Verdauungstraktes intensiver zur Wirkung. Erfahrungswerte nennen, bei nahezu geleertem Verdauungstrakt, eine kürzere Durchlaufzeit für derart gelöste Substanzen als für Mischfutter. Deshalb dürfte auch eine Futteraufnahme ad libitum, die der Applikation unmittelbar folgte, die Symptome kaum beeinflußt haben.

Inwieweit beim relativ strahlenresistenten Huhn (45, 84, 144, 173) die Veränderungen im Darm der radioaktiven Wirkung des ^{65}Zn oder der toxischen Wirkung des Zn im Hungerzustand zuzuschreiben sind, müßte in einer speziellen Versuchsreihe ermittelt werden.

Die Veränderungen der Lebern dürften vermutlich mehr auf der toxischen Wirkung von ZnCl_2 als auf der radiotoxischen Belastung durch ^{65}Zn beruhen. Bei den Kontrolltieren konnten derartige Veränderungen in diesem Ausmaß nicht beobachtet werden. Die Symptome entsprechen einer fettigen Degeneration sogenannter Mastlebern (35).

Unter der Annahme, daß das 48 Stunden nach der Applikation noch nicht exkretierte ^{65}Zn als resorbiert angesehen werden darf, wurde bei den Hennen eine Resorptions-

quote von 43,3 % bei den Hähnen von 54,4 % ermittelt.

Die Resorption des ^{65}Zn ist nach GOLLEY et al. (55) von der Beschaffenheit des Futters und dessen Passagegeschwindigkeit weitgehend abhängig. Dabei scheint bis zur 48. Stunde von geringerer Bedeutung zu sein, ob das ^{65}Zn mit dem Futter verabreicht oder als Lösung in den Kropf pipettiert wird. SUSO und EDWARDS (168) zeigen, daß bei Einpipettierung eine 3-4 % bessere Resorption erreicht werden kann.

Um gleichmäßige und möglichst optimale Resorptionsverhältnisse zu erlangen, die unbeeinflusst vom Füllungszustand des Verdauungstraktes sind, wurden die eigenen Versuchstiere durch 24-stündigen Futterentzug prae applicationem genüchert.

Damit war die Erfassungszeit zur Ermittlung der Resorptionsquote einerseits wegen der schnelleren Resorption des in Lösung verabreichten $^{65}\text{ZnCl}_2$ andererseits wegen einer vermutlich beschleunigten Passage und Ausscheidung nach dem Hungerzustand und bei Diarrhoe auf 48 Stunden begrenzt.

Da Leber, Pankreas und Darmdrüsen schon zur 24. Stunde sehr intensive ^{65}Zn -Anreicherungen zeigten, mußte mit der Möglichkeit einer beginnenden Sekretion, bereits resorbierten ^{65}Zn durch diese Organe gerechnet werden.

Der Zeitraum von 48 Stunden zur Ermittlung der Resorption schien auch noch darin gerechtfertigt zu sein, daß sowohl in Versuchen von SUSO und EDWARDS (168) als auch in den eigenen die Kurve der ^{65}Zn -Ausscheidung über den Kot zum 2. Tage p. appl. auffallend abflacht. Zu diesem Zeitpunkt scheint also die reine Darmpassage des applizierten ^{65}Zn abgeschlossen zu sein. Bis zum Versuchsende am 20. Tag gelangten nur noch ca. 3 % des applizierten ^{65}Zn zur Ausscheidung.

Obwohl man zunächst vermuten möchte, daß Hennen durch ihre Legetätigkeit einen höheren Zinkbedarf hätten, resorbieren sie insgesamt gesehen weniger ^{65}Zn als die Hähne, selbst bei Berücksichtigung der abnormen, vermutlich individuell bedingten ^{65}Zn -Resorption von Hahn 64. Seine relativ hohe ^{65}Zn -Aufnahme ließe sich mit einem subklinischen Zinkmangel erklären; solche Tiere haben einen intensiveren Bedarf an diesem Element (115).

Die ^{65}Zn -Aktivität der applizierten Lösung - sie betrug $1,439 \mu\text{Ci}$ bis $2,795 \mu\text{Ci/Tier}$ - führte schon nach 12 Stunden zu starker Retention in den Geweben des Organismus.

Bereits nach 24 Stunden p. appl. wurden, bei den Hähnen ausgeprägter als bei den Hennen, die höchsten ^{65}Zn -Konzentrationen im Parenchym, insbesondere der Leber, dem Pankreas und der Niere gefunden, die niedrigsten in Haut, Kopfanhang und Knochen. Vor allem in Knochen und Federn werden Unterschiede zwischen Henne und Hahn offensichtlich. Knochen und Federn der Henne weisen maximale Zinkwerte auf, die der Hahn während der gesamten Versuchszeit nicht erreicht.

Für die Resorption aus dem Verdauungstrakt sind grundsätzlich zwei Wege gegeben.

- a) über die Lymphe, vorwiegend für Fette und Fettsäuren,
- b) über das Blut - die Schleimhaut, Darmkapillare, Vena portae - vorwiegend für Kohlenhydrate, Aminosäuren und Mineralstoffe.

Zink wird also über das Blut dem Organismus zugeführt. Damit müßte Blut in seiner zinktransmittierenden Funktion in den ersten Stunden p. appl. starke ^{65}Zn -Anreicherungen zeigen. Daß sie trotzdem relativ niedrig sind, erst zum zweiten Tag leicht steigen und ein Maximum sehr spät am 8. Tag erreichen, dürfte in der schnellen Absorptions- und Assimilationstätigkeit, vor allem der Leber, begründet sein. Die Leber in ihrer entgiftenden Funktion wie auch das Pankreas, die Niere und die Milz mit ihrer starken Absorptionstätigkeit zeigen übereinstimmend zur 24. Stunde p. appl. maximale ^{65}Zn -Anreicherungen. Diese werden in der Literatur beschrieben (22, 37, 105, 107, 148) und mit der Stoffwechselaktivität dieser Organe in Zusammenhang gebracht.

In ihrer engen Beziehung zum Kreislauf liegen die ^{65}Zn -Werte der Organe Herz und Lunge zwangsläufig nahe den Blut- ^{65}Zn -Werten. Beim Herzen könnte auf Grund seiner Muskeltätigkeit, seiner intensiveren Durchblutung und des damit höheren Kohlen säureanhydratasegehaltes (63, 76, 188, 204) eine erhöhte ^{65}Zn -Anreicherung angenommen werden. Das allerdings trifft im Versuch bei Käfighaltung mit entsprechend geringer Bewegung der Tiere nur bedingt zu. Bei der damit sehr gleichmäßigen Tätigkeit des Herzens scheint der Enzym- und Mineralstoffhaushalt soweit ausgeglichen zu sein, daß lediglich der normale physiologische Austausch des Zinkes eine Einlagerung des Isotopes verursacht.

Damit nimmt der Herzmuskel bezüglich der ^{65}Zn -Ablagerung eine Art Zwitterstellung zwischen den parenchymatösen Organen und denen der Ablagerung und Speicherung ein, ähnlich die Lunge.

Sie wird in der Literatur in Zusammenhang mit einem Zn- oder ^{65}Zn -Stoffwechsel als bedeutsames Organ nicht erwähnt. In den eigenen Versuchen bestätigt sich - bei peroraler Applikation - daß sie weder zur Aufnahme noch zur Ausscheidung entscheidend beiträgt. Die in der Literatur beschriebene und durch die eigenen Untersuchungen bestätigte ^{65}Zn -Anreicherung in der Lunge ist, primär auf die intensive Durchblutung und Blutspeicherung (153) sowie auf den mit der Kohlensäureanhydratase (76, 188, 204) eng verbundenen Gasaustausch, zurückzuführen.

Die in einem 2. Peak zum 14.-20. Tag ersichtliche ^{65}Zn -reaktivierende Umlagerung des Isotopes ist vermutlich in einer Änderung des zinkbindenden Proteinmusters begründet. Es scheint von einem leicht austauschbaren Zustand in den des schwerer aktivierbaren Depotzinkes überzugehen.

Diese auch in der Literatur (94, 103, 152, 159, 168, 184) genannte Umlagerung des ^{65}Zn in die Organe der Speicherung und Ablagerung, die bei der Henne mit dem 3. Tag beginnt, erfährt beim Hahn zu Lasten der parenchymatösen Organe eine Verzögerung um ca. 5 Tage. Durch diese längere Verweildauer in den parenchymatösen Organen kommen die ionisierenden Strahlen stärker zur Wirkung. Darin dürfte die geringere Strahlenresistenz des Hahnes (95) begründet sein. Leber, Pankreas und Niere, Organe, die u. a. der Elimentierung und Exkretion dienen, scheinen beim Hahn schon vor der ^{65}Zn -Umlagerung in die Organe der Speicherung eine teilweise Ausscheidung des Isotopes bewirkt zu haben. Verglichen mit der Henne sind vor allem in Haut, Muskulatur, Knochen und Federn des Hahnes zum 14.-20. Versuchstag kaum höhere, teilweise sogar geringere ^{65}Zn -Werte zu finden.

LEIBETSEDER (94) versuchte den Austausch des ^{65}Zn im tierischen Organismus mit einem Compartmentsystem und mit Transfer-Raten zu präzisieren.

Die Erfahrung zeigt, daß die Henne eine stärkere Futteraufnahme hat als der Hahn. Dieser muß allerdings eine intensivere Retention und Assimilation verschiedener Futterbestandteile haben und anscheinend auch einen aktiveren Zn-Metabolismus, um den von OTT (129) und in den eigenen Versuchen festgestellten höheren ^{65}Zn -Anreicherungen beim männlichen Tier, vor allem in den parenchymatösen Geweben, gerecht zu werden.

Hingegen dürfte die Henne, insbesondere die legende, eine größere Speicheraktivität in Knochen, Haut, Muskulatur und Federn für ^{65}Zn besitzen, eine Reaktion die

vermutlich in der Mehrbelastung des weiblichen Organismus durch die Legetätigkeit begründet ist.

Stärkere ⁶⁵Zn-Anreicherungen in der Extremitätenmuskulatur im Vergleich zur Dünnungs- und Brustmuskulatur dürften u. a. auf die stärkere Beanspruchung und einen dadurch erhöhten Stoffwechsel und Fermentgehalt zurückzuführen sein. Dieser soll nach BRYAN, TENNANT und SIMAKOW (20, 160, 175) zu einem höheren Zn-Gehalt führen.

Die Federn mit einer sehr mäßigen Durchblutung in den Kielen verdeutlichen diesen Zusammenhang sehr gut; sie registrieren nach einem einmaligen Anstieg ihres ⁶⁵Zn-Gehaltes Schwankungen im ⁶⁵Zn-Haushalt des Gesamtorganismus in der Versuchszeit kaum.

Die Verteilungskinetik spiegelt sich auch in der biologischen Halbwertszeit der untersuchten Organe wieder. In parenchymatösen Organen schwankt sie zwischen 2-3 Tagen, in den Organen des Blutkreislaufes, Blut, Herz, Milz und Lunge liegt sie bei 14 Tagen in den Organen der Speicherung und Ablagerung aber konnte sie in 20 Tagen nicht bestimmt werden. Da die Versuchsanordnung bestimmte Ziele anstrebte und der Organismus dadurch nur teilweise erfaßt wurde, konnte für den gesamten Tierkörper die biologische Halbwertszeit nicht ermittelt werden. SUSO und EDWARDS (168) beschrieben für ⁶⁵Zn im Küken eine biologische Halbwertszeit von ca. 20 Tagen. Sie nimmt nach ihren Angaben mit zunehmendem Alter und damit geringerer Stoffwechselintensität zu. Insofern können die eigenen Ergebnisse der Einzelorgane mit den beschriebenen des gesamten Organismus in Einklang gebracht werden. Gegenüber den biologischen Halbwertszeiten anderer Nutztiere ist die des Huhnes kurz; es liegt nahe, darin die starke Strahlenresistenz dieses Tieres (95) zu suchen.

Eigene Messungen bestätigen, daß in der Eischale (14, 59, 66, 114) kein ⁶⁵Zn nachzuweisen ist. Es war daher möglich und schien auch ratsam, die Schale vor der γ -spektrometrischen Erfassung des Eies zu entfernen, um der Gefahr, daß Kotverschmutzungen die Ergebnisse beeinflussen würden, vorzubeugen.

Es wurde angenommen, daß das Ei bei seiner Bedeutung für die Fortpflanzung des Geflügels und der Empfindlichkeit des genetischen Materials keine intensive ⁶⁵Zn-

Anreicherung zeigen würde. Tatsächlich wiesen die Eier mit einer maximalen Anreicherung von 0,14 % der applizierten ^{65}Zn -Aktivität am 8. Tag p. appl. sehr geringe ^{65}Zn -Mengen auf.

Der nahezu einer Gauß'schen Verteilung gleichende Kurvenverlauf der Ei- ^{65}Zn -Werte bei Tier 21 scheint den natürlichen Gegebenheiten zu entsprechen. Die davon abweichende Kurve bei Henne 22 dürfte, da andere Organe dieses Tieres keine derartigen Schwankungen ihrer Werte zeigen, auf individuell bedingte Störungen des Zn-Stoffwechsels im Genitale zurückzuführen sein.

In der vorliegenden Versuchsanordnung konnten die Harnanteile nicht gesondert berücksichtigt werden, darum ist bei der ^{65}Zn -Ausscheidung kein Unterschied zwischen Kot- und Harnexkretion zu machen.

Ei und Federn dürften bei einem ^{65}Zn -Verlust gegenüber dem Kot kaum ins Gewicht fallen. Wenn man den Kot- ^{65}Zn -Anteil von der 48. Stunde bis zum 20. Tag - er ist dann nahezu rein sekretorisch - von 2-3 % mit dem Ei- ^{65}Zn -Gehalt von 0,3 % vergleicht, so beträgt letzterer etwa 1/10 dieses Kotzinkanteils.

Der ^{65}Zn -Verlust durch Abschilferung bei Haut und Federn oder durch Spermaabgabe dürfte in den 20 Tagen Versuchszeit kaum von Bedeutung sein, zumal weder eine Mauser der Tiere noch ein Springen der Hähne zu beobachten waren.

Die Primärfunktion für die ^{65}Zn -Ausscheidung in den Kot soll, nach MONTGOMERY und SALMAN (119, 149), dem Pankreas und den Darmdrüsen zukommen. Das kann durch die fallenden ^{65}Zn -Aktivitäten im Gesamtorganismus, vor allem im Pankreas und Darm, aber auch der Leber, die durch die Galle ausscheidet, bestätigt sein.

Um einen Zusammenhang $^{65}\text{Zn} : \text{Zn}$ in den Organen erkennen zu können, wurde der stabile Zn-Gehalt der Leber, Niere, des Magens und Darmes, der Haut, Knochen und Extremitäten- sowie Brustmuskulatur bestimmt. Die Angaben der Literatur (21, 81, 152) stimmen weitgehend mit den eigenen Analysenwerten überein. Geringe Differenzen zwischen den Werten der Literatur und denen der eigenen Versuche sind mit Unterschieden der Rasse, Haltung, Fütterung und des Milieus zu erklären (55, 106, 125, 127, 132, 168, 169).

Bei dem Vergleich von $^{65}\text{Zn} : \text{Zn}$ in den Organen muß ein weder an Zn-Mangel noch

an Zn-Überschuß leidender Organismus vorausgesetzt werden. Abgesehen von einem normalen physiologischen Austausch in den Organen, bei dem der Körper scheinbar nicht zwischen Zn und seinem Isotop unterscheidet, ist der ^{65}Zn -Gehalt lediglich von der Stoffwechselaktivität und Durchblutung des jeweiligen Organes sowie von dessen Zinkbedarf abhängig. Nur darin ist indirekt ein Zusammenhang von $^{65}\text{Zn} : \text{Zn}$ bei den eigenen Versuchen zu bestätigen.

SWIFT (172) nennt eine Abhängigkeit des Zn vom Wasser und Rohprotein in der Muskulatur des Rindes. Die Korrelation von Zn : Wasser beträgt dabei 0,7, die von Zn : Rohprotein ca. 0,6. Inwieweit beim Huhn ähnliche Zusammenhänge der Parameter bestehen, kann anhand der vorliegenden Versuchsergebnisse nicht eindeutig beantwortet werden, doch dürften sie vermutlich von den Korrelationswerten des Rindes nicht zu stark abweichen.

Die auffallenden Schwankungen des Wasser- und Rohproteingehaltes,

in der Muskeldünnung zu Gunsten des Wassers

in der Extremitätenmuskulatur zu Gunsten des Rohproteins können auf die sehr unterschiedliche Belastung dieser Muskelgruppen zurückgeführt werden. Die zum Teil entscheidend höheren Fettwerte der Dünnung dürften eine solche Vermutung bestärken.

Nach Angaben des Tierärzteblattes (1/72) stieg die Eierzeugung in der Bundesrepublik seit 1960/61 um 25 %, auch im Geflügelfleischverzehr ist eine Zunahme zu verzeichnen. Die Bedeutung des Geflügels als Nahrungsmittel, vor allem als Eiweißquelle, nimmt somit stetig zu.

Bei einer einmaligen Kontamination des Huhnes tritt zwangsläufig die Frage der Verwertbarkeit als Nahrungsmittel auf.

Grundsätzlich sind sämtliche Innereien, auch der Muskelmagen und das Herz, in den ersten Tagen stärker kontaminiert als Haut und Muskulatur.

Haut und Muskulatur reichern ^{65}Zn als Organe der Ablagerung und Speicherung, vorsichtig ausgedrückt, erst ab 3. - 8. Tag, beim Hahn sogar noch später, an. Da aber gerade diese Körperteile des Geflügels primär zur Nahrung verwendet werden, sind sie, bei schwachem Kontaminationsgeschehen, nach einer Schlachtung in den

ersten 3 Tagen, höchstens 8 Tagen, durchaus verwertbar. Die Innereien sind aber zu diesem Zeitpunkt noch nicht, erst wieder zum 14. - ca. 26. Tag, zu verwenden.

Die Bundesanstalt für zivilen Luftschutz sowie das Bundesministerium für Ernährung, Landwirtschaft und Forsten geben außerdem noch Richtlinien für die Vorbehandlung kontaminierter Lebensmittel an, um sie bei schwächerer Kontamination für den Verzehr brauchbar zu machen.

Im Versuch wurde lediglich eine einmalige Kontamination berücksichtigt. Bei einem "Contamination Event" ist aber mit einer mehrmaligen Aufnahme radioaktiven Zinkes zu rechnen. Es wäre Aufgabe einer weiteren Versuchsreihe das Verhalten von Geflügel bei mehrmaliger Verabreichung - vielleicht geringerer Dosen ^{65}Zn - zu untersuchen und darzustellen.

ZUSAMMENFASSUNG

1. Resorption, Verteilung und Ausscheidung sollen nach oraler Applikation von ^{65}Zn bei Henne und Hahn an Hand der ^{65}Zn -Aktivitäten ihrer Organe in einer Versuchszeit von 20 Tagen ermittelt und verglichen werden.
Dazu standen 32 Hennen und 27 Hähne 46 Wochen alter, in Käfigen gehaltener, Hyline-Leghorn-Hybriden zur Verfügung.
2. Der 9-tägige Vorversuch mit 10 Hennen und 6 Hähnen bei einmaliger Verabreichung von ^{65}Zn -Aktivitäten zwischen 0,031 und 1,03 $\mu\text{Ci/kg}$ Körpergewicht war für den Hauptversuch orientierend.
3. Die 22 Hennen und 21 Hähne des Hauptversuches erhielten 24 Stunden nach dem Futterentzug 0,82 μCi $^{65}\text{Zn/kg}$ Körpergewicht in den Kropf pipettiert. Bei 2 Hennen wurden täglich Ei- bzw. bei 2 Hennen und 2 Hähnen Kotproben entnommen; zu 10 weiteren Zeitpunkten in der Regel 4 Tiere geschlachtet, das Blut und die zu untersuchenden Organe und Organteile entnommen. Um die Resorption, Verteilung und Ausscheidung sowie die geschlechtsspezifischen Unterschiede ermitteln und darstellen zu können, mußte der ^{65}Zn -Gehalt der Organe γ -spektrometrisch erfaßt werden.
Der Kontrolle dienten 2 Hennen und 2 Hähne.
4. Extremitäten-, Brust- und Dünnungs- (= Flanken-)muskulatur aller Versuchstiere sind auf ihren Fett-, Wasser- und Rohproteingehalt, weitere, untersuchte Organe auf ihren stabilen Zinkgehalt analysiert worden, um Beziehungen zu ihrer ^{65}Zn -Retention beurteilen zu können.
5. Unter der Voraussetzung, daß der Organismus bis zur 48. Stunde nicht ausgeschiedenes ^{65}Zn aufnimmt, resorbierten Hennen durchschnittlich 43,3 % und Hähne durchschnittlich 54,4 % der applizierten ^{65}Zn -Dosis.

6. Durch verschiedene Ein- und Umlagerung des ^{65}Zn im Organismus ergab sich, bis zum 3. Tag p. appl. - insbesondere beim Hahn -, ein Verteilungsmuster mit starken Aktivitäten im Magen, Darm und in den parenchymatösen Organen gegen Ende des 20 tägigen Versuches, vor allem bei der Henne, eine Ablagerung in Knochen, Muskulatur, Haut und Federn. Das Blut zeigte seiner Transportfunktion entsprechend variable Werte.
Die biologische Halbwertszeit des ^{65}Zn in den Organen lag zwischen 3 Tagen bei parenchymatösen und 20 Tagen bei solchen der ^{65}Zn -Ablagerung.
Die Eier wiesen bei 0,166 % bzw. 0,410 % der applizierten ^{65}Zn -Dosis nur eine schwache Retention auf.
7. Beziehungen zwischen dem ^{65}Zn - sowie dem Wasser- und Rohproteingehalt der Muskulatur konnten in der vorliegenden Versuchsanordnung nicht eindeutig nachgewiesen werden. Eine Abhängigkeit von ^{65}Zn zu dem stabilen Zinkgehalt verschiedener Organe konnte bestätigt werden.
8. Maximal 87 % der peroral applizierten ^{65}Zn -Aktivität waren nach 20 Tagen ausgeschieden. Auf die daraus resultierende fleischbeschauliche Bedeutung wurde hingewiesen.

SUMMARY

1. Resorption, distribution and elimination of zinc-65 after oral application to hens and cocks (with the aid of zinc-65 in the organs) was to be determined and compared during a test lasting 20 days.
32 hens and 27 cocks of a Leghorn-Hyline breed were available for the test. The specimens were 46 weeks old and caged.
2. The nine-day preliminary test, in which 10 hens and 6 cocks were fed with zinc-65 activities between 0,031 and 1,03 $\mu\text{Ci/kg}$ body-weight, was orienting for the main experiment.
3. As preparation for the main experiment 22 hens and 21 cocks were given no food for 24 hours. Afterwards they were given zinc-65 activities of 0,82 $\mu\text{Ci/kg}$ body-weight in their crops.
Eggs were taken daily from two hens; and the faeces from two hens and two cocks were examined daily. At 10 other times specimens were slaughtered (usually 4 in number). Their blood, as well as their organs and tissues to be examined were taken out. To determine resorption, distribution, elimination and the differences between the sexes, zinc-65 in the organs had to be measured in a γ -spektrometer.
4. The content of fat, water and raw protein in the muscles of extremities, breast and flank was determined; also the concentration of stable zinc in organs and tissues was examined, to find out relationship to the retention of zinc-65.
5. Assuming that all zinc-65 (which was not excreted within 48 hours) is absorbed by the fowl, the amount of resorption was 43,5 % for hens and 54,4 % for cocks. During the whole of the experiment lasting 20 days 87 % of the applied zinc-65 was eliminated.

6. Because of the different intake and distribution rate of zinc-65 in the organs, high concentrations of activities were shown in the gizzard, intestines and parenchyma, especially in the cocks. Towards the end of the experiment redistribution of activities in the bones, muscles, skin and feathers was found (especially in the hens).

According to its function as a medium of transport the blood showed variable rates of zinc-65.

The biological half-life of zinc-65 in the organs of the parenchyma is 3 days, and that of the organs of zinc-65 redistribution was more than 20 days. The egg showed only slight reaction to the orally applied zinc-65.

7. In this experiment the relationship between water or raw protein and zinc-65 in muscle was not clearly to determine. The relationship between zinc-65 and stable zinc in the different organs could be established.
8. After 20 days a maximum of 87 % of the orally applied zinc-65 was eliminated.

As a result, the importance of meat inspection was pointed out.

LITERATURVERZEICHNIS

1. Abshagen H. und Beduhn:
Einfluß von Haltung und Fütterung auf die Fruchtbarkeit von Kühen in Großanlagen.
Mh. Vet.-Med. 13 (1970) 489

2. Addink, N.W.H. und L.J.P. Frank
(Naturwissenschaft 42 (1955) 419
Zinc in Relation to Cancer.
in: Bauer: Das Krebsproblem
Springer Verlag Berlin 1963

3. Adrichen, P.W.M. van, J.M. van Leeuwen and J.J. van Kluijve:
Parakeratose van de huid bij kalveren.
Tijdschr. Diergeneeskd. 95 (1970) 1170

4. Alexander, L.T.:
Symposium on the Radioisotopes in the Biosphere
Section I Minneapolis 1960

5. Allen, G.S.:
An Outbreak of Zinc Poisoning in Cattle.
Vet. Rec. 83 (1968) 8-9

6. Andrási, A. and I. Fehér:
Measurement of the Retention and Excretion of Incorporated Zn⁶⁵
Health Phys. 13 (1967) 915

7. Anke, M.:
Der Mengen- und Spurenelementgehalt des Rinderhaares als Indikator für die Ca,
Mg, P, K, Na, Fe, Zn, Mn, Cu, Mo und Co-Versorgung.
Habitationsarbeit, Institut für Tierernährung der Landw. Fak. Universität Jena.

8. Barnette, R.M., J.P. Camp and J.D. Warner:
The Use of Zincsulphats under Corn an other Field Corps.
Florida Agric. Exp. Stat. Rep. 49/50 (1934)

9. Bauer, K.H. :
Das Krebsproblem.
Springer Verlag Berlin 1963 S. 150/338

10. Baumann, A. :
Das Verhalten von Zinksalzen gegen Pflanzen und im Boden.
Die landwirtschaftliche Versuchsstation 31 (1885) 1

11. Baumeister, W. :
Mineralstoffe und Pflanzenwachstum.
G. Fischer Verlag Stuttgart 1954

12. Beller, K. :
Zur Frage der Hüttenrauchschädigungen.
Dtsch. tierärztl. Wschr. 49 (1941) 352

13. Bergmann, B. :
Comperativ Study of Distribution of Injected Zn⁶⁵ in the Mandibular Condyle
and other Tissues in Rat as Determined by Gamma Scintillation.
Acta Radiologica 9 (1970) 577

14. Birkner, V. :
(Journ. biol. Chem. 38 (1919) 191)
in: Grossfeld J. : Handbuch der Eierkunde.
Springer Verlag Berlin 1938

15. Bhat, I.S. and P.R. Kamath:
Indicator Based Surveillance Programme (Marine). At a nuclear site Commission
of the Europ. Communities Intern.
Symposium, Rome, 7. - 10. Sept. 1971

16. Blamberg, D. L. :
Effect of Zinc Deficiency in Hens on Hatchability and Embryonic Development.
Proc. Soc. Exptl. Biol. Med. 104 (1960) 217

17. Bogner, H. und C.H. Ritter:
Tierhaltung
Verlag Eugen Ulmer Stuttgart 1965, S. 241

18. Bowness, J.M., R.A. Morton, M.H. Shakir and A.L. Stubbs:
Distribution of Copper and Zinc in Mammalian Eyes.
Occurrence of Metal in Melanin Fractions from Eye Tissue.
Biochem. J. 51 (1962) 521

19. Brink, M.F., D.E. Becker, S.W. Terill and A.H. Jensen:
(J. Anim. Sci. 18 (1959) 836
in: Garner/Clarke: Garners Veterinärmedizinische Toxikologie.
G. Fischer Verlag Jena 1968 S. 139

20. Bryan, G.W. :
Zinc Concentration of fast and slow contracting Muscle in the Lobster.
Nature 11 (1967) 1043

21. von Buddenbrock, W. :
Vergleichende Physiologie Bd. III
Birkhäuser Verlag Stuttgart 1956

22. Campen, D.R. van and E.A. Mitchell:
Absorption of Cu^{64} , Zn^{65} , Mo^{99} and Fe^{59} from Ligated Segments of the Rat
Gastrointestinal Tract,
J. Nutr. 86 (1965) 120

23. Carruther, C.:
(Cancer Res. 10 (1950) 255)
in: Flaschenträger: Physiologische Chemie
Springer Verlag Berlin 1951

24. Chandler W.H., D.R. Hogland and P.L. Hippard:
Little-Leaf or Rosette of Fruit Trees II. Effect of Zinc and other Treatments.
Proc. Am. soc. Hort. Sci. 29 (1932) 255

25. Chapman, H.D., A.P. Vanselow and G.F. Liebig:
The Production of Citrus Mottle-Leaf in controlled nutrient Cultures.
J. Agric. Res. 55 (1937) 365

26. Chon, S.H., R.A. Love und E.A. Gusmano:
 Zinc^{65} in Reactor Workers.
Science 133 (1960) 1362

27. Clarke, E.G.C. und M.L. Clarke:
Garners Veterinärmedizinische Toxikologie
G. Fischer Verlag Jena 1968 S. 139

28. Comar, C.L.:
Radioisotopes in Biology and Agriculture; Principles and Practice,
Mc Graw-Hill Comp. New York 1955

29. Compendium:
Wirkungen des radioaktiven Niederschlags auf die Nutztiere.
Bundesministerium für Ernährung, Landwirtschaft und Forsten 1966/23

30. Comar, C. L.
Thyroid Radioactivity after Nuclear Weapon Tests.
Science 126 (1958) 16

31. Cooper, J. A. D.:
Symposium on Radioisotopes in the Biosphere.
Sect. V Minneapolis 1960

32. Cotzias G. C., D. C. Borg and B. Shelleck:
Specificity of Zinc Pathway through the Body: turnover of Zn^{65} in the mouse.
Am. J. Physiol. 202 (1962) 1359

33. Cuatrecasas, P. and S. Segal:
Mamalian Galactose Dehydrogenase I = Identification and Purification in Rat Liver.
J. Biol. Chem. 241 (1966) 5904

34. Cuatrecasas, P. and S. Segal:
Mamalian Galactose Dehydrogenase II = Properties, Substrate Specificity and Developmental Changes.
J. Biol. Chem. 241 (1966) 5910

35. Dahme, W. und E. Weiss:
Grundriß der speziellen pathologischen Anatomie der Haustiere.
Ferdinand Enke-Verlag Stuttgart 1968

36. Denzler und P. Kienzle:
Tiergesundheitslehre
Eugen Ulmer Verlag Stuttgart 1969 S. 74

37. Dilla, M.A. van, G.R. Farmer and V.R. Bohman:
Fallout Radioaktivität in Cattle and its Effects.
Science 133 (1961) 1075

38. Dörner, E.:
Grundlagen der Nuklearmedizin.
G. Thieme Verlag Stuttgart 1966 S. 191

39. Doudoroff M., S.P. Colowick und N.O. Kaplan:
(Methods Enzymol. Vol. 339, Academic Press, New York 1962)
in:Boehringer: Biochemica Information

40. Dufrénoy, J. und H.S. Reed:
Effect of Zinc on the Growth of the Grape-vine.
C.r. Soc. Biol. 118 (1935) 156

41. Dunning, G.M.:
Radioactive Contamination of Certain Areas in the Pacific Ocean from Nuclear Tests.
Atomic Energy Commission, Ang. 1957

42. Dunster, H.J.:
District Surveys Following the Windscale Incident Oct. 1957
Genfer Konferenz 18 (1958) 296

43. Edwards jr., H. M. :
The Availability to Chicks of Zinc in Various Compounds and Ores.
J. Nutr. 69 (1959) 306

44. Eichholtz, F. :
Lehrbuch der Pharmakologie.
Springer Verlag Berlin 1957

45. Ewing, R. W. :
Poultry Nutrition
Ray Ewing Company Pasadena California 1963

46. Fassbender, H. :
Einführung in die Meßtechnik der Kernstrahlung und die Anwendung der
Radioisotope.
Thieme Verlag Stuttgart 1962

47. Fischer, W. et al. :
Stoffwechsel der Galactose und ihrer Derivate.
Thieme Verlag Stuttgart 1965

48. Flaschenträger, B. und E. Lehnartz:
Physiologische Chemie, Handbuch
Springer Verlag Berlin 1951
Bd. I/II 1a, II 2a, II 2c, II 2dx

49. Forster, R. F. und J. F. Honstead:
Accumulation of Zn^{65} from Prolonged Consumption of Columbia-River Fish.
Health Phys. 13 (1967) 39

50. Friedlander, G. und J.W. Kennedy:
Lehrbuch der Kern- und Radiochemie
Thiemig Verlag München 1962

51. Furchner, J.E., C.R. Richmond:
Effect of Dietary Zinc on the Absorption of Orally Administred Zn⁶⁵.
Health Phys. 8 (1962) 35

52. Gams, H.:
Erzpflanzen der Alpen. Jahrbuch des Vereins zum Schutze der Alpenpflanzen
und -tiere.
31. Jhrg. S. 65 - 73

53. Gebhard, H.:
Pharmakologie und Toxikologie.
Müller Verlag München 1964

54. Gilbert, J.G.F. und D.M. Taylor:
The Behavior of Zinc and Radio-Zinc.
Biochim. Biophys. Acta 21 (1956) 545

55. Golley, F.B., R.G. Wigert, R.W. Walter:
Excretion of Orally Administered Zinc⁶⁵ by Wild Small Mammals.
Health Phys. 11 (1965) 719

56. Grant-Forst, D.R.:
(Australian J. Exptl. Biol. Med. Sci. 36 (1958) 339)
in: Flaschenträger; Physiologische Chemie
Springer Verlag Berlin 1951

57. Gray, L. F. and G. H. Ellis:

Some Interrelationships of Copper, Molybdenum, Zinc and Lead in the Nutrition of the Rat.

J. Nutr. 40 (1950) 441

58. Greenstein, J. P.:

(Journ. nat. Cancer Instit. 2 (1942) 511, Am. Rev. 14 (1945) 634)

in: Flaschenträger: Physiologische Chemie, Handbuch

Springer Verlag Berlin 1951

59. Grossfeld, J.:

Handbuch der Eierkunde.

Springer Verlag Berlin 1938

60. Gustafson, P. F. et al.:

Natural and Fissionproduced Gamma-ray Emitting Radioactivity in Soil.

Science 127 (1958) 1240

61. Haaranen, S.:

Some Observations on the Zinc Requirement of Cattle for the Prevention of Itch and Hair Licking at Different Ca-Levels in the Feed.

Nord. vet.-Med. 15 (1963) 536

62. Halden, W.:

Zink in Lebensmitteln

Lebensmittel und Ernährung 9 (1963) 8

63. Hamm, R.:

Water-binding Capacity of Mammilian Muscel III. Action of Neutral Salts.

Z. Lebensmittel-Unters. u. Forschung 106 (1957) 281

64. Handbook:

Radiological Health-Handbook

U.S. Department of Health, Education and Welfare, Washington 1960 S. 253

65. Hanke, W.:

Isotopentechnik

K. Thieme Verlag München 1964

66. Harbaugh, D.D. et Sanford, P.E.:

Effect of Zinc-methionine Supplement, Calcium Phosphorus Levels and Flock Performance Egg Size and Shell Quality.

Poultry Sci. 48 (1969) 1515

67. Harvey R.S.:

Uptake and Loss of Radionuclides by the Freshwater Clam *Lampsilis Radiata*.
Health Phys. 17 (1969) 149

68. Heach, J.C.:

(Nature 164 (1949) 1055)

in: Flaschenträger: Physiologische Chemie, Bd. II 2a (674)

Springer Verlag Berlin 1961

69. Hoch, D.A., M.L. Sunde and W.G. Hoekstra:

Influence of Dietary Calcium and Zinc on Zinc⁶⁵ Metabolism in Laying Hens and their Progeny.

Poultry Sci. 45 (1966) 75 - 83

70. Hock, A.:

Vergleichende Ernährungslehre des Menschen und seiner Haustiere.

G. Fischer Verlag Jena 1966 S. 518

71. Honstead J.F. und P.W. Hildebrand:
Uptake and Retention of Zn^{65} from Certain Foods,
Health Phys. 13 (1967) 649
72. Jaeger, R.G.:
Dosimetrie und Strahlenschutz
G. Thieme Verlag Stuttgart 1959
73. James, F.:
Kavallerie bewacht Chinas Atombomben,
Spiegel 27 (1969) 89
74. Jander, G. und E. Blasius:
Lehrbuch der analytischen und präparativen anorganischen Chemie.
S. Hirzel Verlag Stuttgart 1962
75. Karlson, P.:
Lehrbuch der Biochemie
G. Thieme Verlag Stuttgart 1966
76. Keilen, D. und T. Mann:
Activity of Purified Carbonic Anhydrase.
Nature 153 (1944) 107
77. Kernkamp, H.C.H. and E.F. Ferrin:
Parakeratosis in Swine.
J. Am. Vet. Med. Ass. 217 (1953) 122, 123

78. Kienholz, E.W., M.L. Sunde, H.R. Bird and W.G. Hoekstra:
Effects of Diet on the Tissue Zn-Distribution and Production in the Fowl.
Poultry Sci. 44 (1965) 122

79. Kienholz, E.W., E.D. Turk, M.L. Sunde and W.G. Hoekstra:
Effects of Zinc Deficiency in the Diets of Hens.
J. Nutr. 75 (1961) 211

80. Kienholz, E.W., M.L. Sunde and W.G. Hoekstra:
Influence of Dietary Zinc, Calcium and Vit. D for Hens on Zinc Content of
Tissue and Eggs and on Bone Composition.
Poultry Sci. 43 (1964) 667

81. Kienholz, E.W., M.L. Sunde and W.G. Hoekstra:
Effect of Dietary Zinc on Metabolism of Zinc⁶⁵ in Hens.
Am. J. Physiol. 208 (1965) 347

82. Kinnamon, K.E.:
Copper, Molybdenum and Zinc Interrelationships: The influence of inorganic
sulphat upon distribution and excretion of Zn⁶⁵ and Mo⁹⁹ in pregnant rats.
J. Nutr. 89 (1966) 365

83. Kinnamon, K.E., and G.E. Bunce:
Effects of Copper, Molybdenum and Zinc on Zinc⁶⁵ Tissue Distribution and
Excretion in the Rat.
J. Nutr. 86 (1965) 225

84. Klussendorf, R.D. and J. Pensack:
Newer Aspect of Zinc Metabolism
J. Am. Vet. Med. Ass. 132 (1958) 446

85. Kmet, J. :
 Selected Aspects of Trace Elements in Cancer Research.
 Technical Report IAEA-122
 Int. Atom. Energy Agen. Wien 1970

86. Kolb, E. :
 Lehrbuch der Physiologie der Haustiere.
 Fischer Verlag Jena 1962

87. Kolb W. :
 Zinc⁶⁵ in Ground-Level Air after the 1967 Chinese Nuclear Tests.
 Nature 220 (1968) 364

88. Krumholz, L. A. :
 The Effect of Atomic Radiation on Oceanography and Fisheries.
 National Research Council Washington 1957

89. Kunkel, H. O. :
 (Arch. Biochem. 31 (1951) 251)
 in: Flaschenträger: Physiologische Chemie
 Springer Verlag Berlin 1951

90. Kuschinsky, G. und H. Lüllmann:
 Lehrbuch der Pharmakologie
 Thieme Verlag Stuttgart 1966

91. Langham, W.H. :
 Symposium on Radioisotopes in the Biosphere.
 Section VI/1960 Minneapolis

92. Lease, J.G. :
Interrelationship of Zinc and Magnesium.
Poultry Sci. 44 (1965) 1393

93. Legg, S. P. :
Zinc Sulphate Treatment of Parakeratosis in Cattle.
Nature 186 (1960) 1061

94. Leibetseder, J. :
Vortrag - über den Zn-Stoffwechsel beim Schwein 1970
Landw. u. Chem.-Bundesversuchsanstalt Wien 1970

95. Leitfaden:
Wirkung des radioaktiven Niederschlages auf die Nutztiere.
Bundesministerium für Ernährung, Landwirtschaft und Forsten, Bonn 1966

96. Lenkeit, W. :
Tierernährung
Paul Parey Verlag Berlin 1969

97. Lewin, L. :
Gifte und Vergiftungen
K.F. Hang Verlag Ulm 1962

98. Lo, M.C.T., T. Hall and W.F. Whitmore:
(Cancer 13 (1960) 401)
in: Hock, Vergleichende Ernährungslehre des Menschen und seiner Haustiere.
G. Fischer Verlag Jena 1966

99. Lowmann, F.G., D.K. Phelps, R.Y. Ting, R. Mc Clin Escalera:
Marine Biology Program
Nucl. Sci. Abstr. 22/20 (1968) 43311
100. Lowmann, F.G.:
Nucleids in Plankton and Tuna from the Zentral Pacific.
Radioecology (1963) 145
101. Lücke, H.:
Angaben der Anstalt für Leistungsprüfungen.
Eichelborn 1970
102. Loutit, J. F. and R. S. Russel:
The Entry of Fission Products into Food Chains.
Atom. Weapon Res. Est. Rep. 1957 und 1958 Great Britain
103. Lutz, R.E.:
(J. indust. Hyg. 8 (1926) 177)
in: Flaschenträger: Physiologische Chemie.
Springer Verlag Berlin 1951
104. Martin, W.G. and H. Patrik:
Radionuclide Mineral Studies 3:
The effect of breed and dietary zinc, calcium and Vit. D₃ on the retention of
zinc⁶⁵ in chicks.
Poultry Sci. 40 (1961) 1004
105. Matsui, K., K. Kometani und K. Yaeno:
Effect of X-Irradiation on Zn⁶⁵ Metabolism in Mice.
Rad. Res. 15 (1961) 798

106. Mc Call, J.T., J.V. Mason, G.K. Davis:
Effect of Source and Level of Dietary Protein on the Toxicity of Zinc to the Rats.
J. Nutr. 74 (1961) 51
107. Mc Kenney, J.R., R. Mc Clellan and L.K. Bustad:
Early Uptake and Dosimetry of Zn^{65} in Sheep.
Health Phys. 8 (1962) 441
108. Mehring, A.L., J.J.H. Brumbaugh and H.W. Titus:
A Comparison of the Growth of Chicks, Fed Diets Containing different Quantities of Zinc.
Poultry Sci. 35 (1956) 956
109. Methfessel, A.H.O., O. Brdlik and H. Spencer:
Absorption of Zn^{65} from in vivo intestinal Loops in Rats
Federation Proc. 28 (1969) 761
110. Meyer, H.:
Fütterung und Fütterungsfehler in der Rindermast.
Prakt. Tierarzt 52 (1971) 549
111. Michalowsky, I.:
(Virchows Arch. 267 (1928) 27)
in: Flaschenträger: Physiologische Chemie
Springer Verlag Berlin 1951
112. Miller, C.E.:
Measurements on some Residents of the Marshall Island.
Argonne National Laboratory
Rep. Nr.: ANL 5755 (1957) 56

113. Miller, W.J., Y.C. Martin R.P. Gentry and D.M. Blackman:
Zn⁶⁵ and Stable Zn Absorption, Excretion and Tissue Concentrations as Affected by Type of Diet and Level of Zinc in Normal Calves.
J. Nutr. 94 (1968) 391
114. Miller, W.J., J.R. Miller:
Zinc-Content of Certain Feeds, Associated Materials and Water.
Journ. of Dairy Sci. / UT.-AEC Agricultural Res. Labor.
Oak Ridge, Tennessee.
115. Miller, W.J., D.M. Blackmon, G.W. Powell, R.P. Gentry and J.M. Hiers jr.:
Effect of Zinc Deficiency per se and of Dietary Zinc Level on Luminary and Endogenous Fecal Excretion of Zn⁶⁵ from a Single Intravenous Dose by Ruminants
J. Nutr. 90 (1964) 335
116. Miller, W.J.:
Zinc Nutrition of Cattle: A Review.
J. Dairy Sci. 53 (1970) 1123
117. Miller, J.K. and Cragle R.G.:
Gastrointestinal Sites of Absorption and Endogenous Secretion of Zinc in Dairy Cattles.
J. Dairy Sci. 48 (1965) 450
118. Moeschlin, S.:
Klinik und Therapie der Vergiftungen.
G. Thieme Verlag Stuttgart 1964

119. Montgomery M. L., G.H. Sheline and J.C. Chaileott:
(J. Exptl. Med. 78 (1943) 151)
in: Flaschenträger: Physiologische Chemie Bd. II 2a
Springer Verlag Berlin 1951
120. Morrison, A.B. and H. P. Sarett:
Studies of Zinc Deficiency in the Chicks.
J. Nutr. 65 (1958) 267
121. Móscy, J. und J. Marek:
Lehrbuch der klinischen Diagnostik der inneren Krankheiten der Haustiere.
G. Fischer Verlag Jena 1960
122. Mraz, F.R. :
Toxicity of High Levels of Zinc⁶⁵ to Avian Embryos.
Poultry Sci. 48 (1969) 1460
123. Murthy, G.K., A.S. Goldin and J.E. Campbell:
Zinc⁶⁵ in Foods
Science 130 (1959) 1255
124. Nishita, H. and K.H. Larson:
Summary of Certain Trends in Soilplant Relationship. Studies of the Biological
Availability of Fallout Depris.
Bericht der U C L A (-401) USA 1957
125. Oberleas, D., M.E. Mührer, B.L. O'Dell and L.D. Kintner:
Effect of Phytic Acid on Zinc Availability in Rats and Swine.
J. Animal Sci. 20 (1961) 945

126. Olson, K. B. , C. F. Edwards, L. B. Clark and M. Maisel:
Trace Element Content of the Spleens of Rats after Total-Body X-Irradiation.
Rad. Res. 13 (1960) 424
127. Orr, H. :
Excretion of Orally Administered Zn^{65} by the Cotton Rat in the Laboratory
and Field.
Health Phys. 13 (1967) 15
128. Ott, T. A. , W. H. Smith, R. B. Harrington, M. Stob, H. E. Parker,
W. M. Beeson:
Zinc Tolerance and Toxicity Studies with Calves
J. Animal Sci. 23 (1964) 1217
129. Ott, T. A. , W. H. Smith, R. B. Harrington und H. E. Parker:
Zinc Toxicity in Ruminants IV. Physiological Changes in Tissues of Beef Cattle.
J. Animal Sci. 25 (1966) 432
130. Pate, F. M. , J. W. Miller, D. M. Blackmon and R. P. Gentry:
 Zn^{65} -Absorption Rate following Single Duodenal Dosing in Calves Fed. Zinc-
Deficient or Control Diets.
J. Nutr. 100 (1970) 1259
131. Perkins. R. W. , J. M. Nielsen, W. C. Roesch and R. C. Mc Call:
 $Zinc^{65}$ and Chromium⁵¹ in Foods and People.
Science 132 (1959) 1895
132. Perkins, R. W. und J. M. Nielsen:
 $Zinc^{65}$ in Foods and People
Science 129 (1959) 94

133. Pickup, J., A.N. Worden and J. Bunyan:
Chronic Constipation in Dairy Cattle Associated with a high Level of Zinc
in the Water Supply.
Vet. Rec. 66 (1954) 93
134. Polunin O.:
Pflanzen Europas
Bayer. Landwirtschaftsverlag München 1971
135. Potel, K.:
Pathologische Physiologie der Haustiere.
G. Fischer Verlag Stuttgart 1969
136. Pschyrembel, W. und O. Dornblüth:
Klinisches Wörterbuch.
W. de Gruyter & Co Verlag Berlin 1964
137. Rapoport, S.M.:
Medizinische Biochemie
Verlag Volk und Gesundheit Berlin 1964
138. Reed, H.S.:
Cytologie of Leaves, Affected with Little-Leaf.
Am. J. Bot. 25 (1938) 174
139. Reed, H.S. et al.:
Pyrocatechol Aggregates Vacuoles of Cells of Zinc-Difficient Plants.
Am. J. Bot. 29 (1942) 544

140. Revelle, R. and Schäfer:
Nuclear Sciences and Oceanography.
1. Genfer Konferenz 13 (1955) 371
141. Revelle, R. and Schäfer:
The Effects of Atomic Radiation on Oceanography and Fisheries.
National Research Council Washington 1957
142. Richmond, C.R., J.E. Furchner, G.A. Trafton and W.H. Langham:
Comparative Metabolism of Radionuclides in Mammals I.
Uptake and Retention of Orally Administered Zn^{65} by four Mammalian Species.
Health Phys. 8 (1962) 481
143. Richter, W., E. Werner und H. Bähr:
Grundwerte der Diagnostik, Fütterung und Haltung.
G. Fischer Verlag Jena 1969
144. Roberson, R.H. and P.J. Schaible:
The Tolerance of Growing Chicks for High Levels of Different Forms of Zinc.
Poultry Sci. 39 (1960) 893
145. Römpp, H. und E. Ühlein:
Chemielexikon
Franksche Verlagshdlg. Stuttgart 1958
146. Rosenberger, G. und H.D. Dirksen:
Krankheiten des Rindes
Paul Parey Verlag Berlin 1970

147. Rost, E.:
(Umschau 24 (1920) 201)
in: Grossfeld: Handbuch der Eierkunde
Springer Verlag Berlin 1938
148. Sadasivan, V.:
Sadasivan, V.:
Biochem. J. 52 (1952) 452
149. Salman, A.J. and J. Mc Ginnis:
⁶⁵Zn Sekretion by the Pankreas of Chicks Fed Soybean Meal.
Poultry Sci. 47 (1968) 1713
150. Savage, S.I., W.E. Nicklas and E.W. Kienholz:
Zinc Toxicity and Vit. D for Chicks.
Poultry Sci. 47 (1968) 1716
151. Savage, S.I. and E.W. Kienholz:
Effect of Stress on Calcium Content of Liver and Kidney.
Poultry Sci. 48/2 (1969) 1867
152. Savage, S.I., J.M. Yohe, E.E. Pickett and B.L. Ödel:
Zinc Metabolism in Growing Chicks. Tissue Concentration and Effect of
Phytate on Absorption.
Poultry Sci. 43 (1964) 420
153. Scheunert, A. und A. Trautmann:
Lehrbuch der Veterinär-Physiologie
Paul Parey Verlag Berlin 1965

154. Schisler D.K., E.W. Kienholz:
Effects of Vit. D₂ and Vit. D₃ on Manganese and Zinc Concentration of Hen Tissues.
Poultry Sci. 46/2 (1967) 1316
155. Schisler, D.K. and E.W. Kienholz:
Interactions of Dietary Zinc and Vit. D in Laying Hens.
Poultry Sci. 46/1 (1967) 918
156. Schmeiser, K.:
Radioaktive Isotope
Springer Verlag Berlin 1957
157. Schmidt, G.:
The Enzymes
Bd. V, Acad. Press New-York-London 1961
158. Schwarzenbach, G.:
Allgemeine und anorganische Chemie.
G. Thieme Verlag Stuttgart 1950
159. Sheline, G.E., J.L. Chaikoff, H.B. Jones, M.L. Montgomery:
Studies on the Metabolism of Zinc with the Acid of its Radioactive Isotope.
J. Biol. Chem. 147/149 (1943) 409/139
160. Simakow, P.V.:
(Biochimija Moskva 1 (1936)
in: Flaschenträger: Physiologische Chemie
Springer Verlag Berlin 1951

161. Souci, S.W., W. Fachmann und H. Kraut:
Die Zusammensetzung der Lebensmittel.
Nährwert-Tabellen
Wissenschaftl. Verlags GmbH Stuttgart 1969
162. Stannton-West, E.:
Textbook of Biochemistry
Mc Millan Comp. New York 1966
163. Sturkie P.D.:
The Effect of Excess Zinc on Water Consumption in Chickens.
Poultry Sci. 35 (1956) 1123
164. Supplee, W.C. and C.S. Shaffner:
Some Observations on Zinc Deficiency in Chickens.
Poultry Sci. 44 (1965) 1420
165. Supplee, W.C., D.L. Blamberg, O.D. Koene, G.F. Combs, G.L. Romoser:
Observations on Zinc Supplementation of Poultry Rations.
Poultry Sci. 37 (1958) 1245
166. Suso, F.A. and H.M. Edwards jr.:
Influence of Various Chelating Agents on Absorption of Co^{60} , Fe^{59} , Mn^{54}
and Zn^{65} by Chickens.
Poultry Sci. 47 (1968) 1417
167. Suso, F.A. and H.M. Edwards jr.:
The Influence of Chelating Agents on the Absorption of Fe^{59} , Mn^{54} and Zn^{65} .
Poultry Sci. 46 (1967) 1325

168. Suso, F.A. and H.M. Edwards jr.:
A Study of Techniques for measuring Zn⁶⁵ Absorption and Biological Half-Life in the Chickens.
Poultry Sci. 47 (1968) 991
169. Suso, F.A. and H.M. Edwards jr.:
Whole Body Counter Studies on the Absorption of Co⁶⁰, Fe⁵⁹, Mn⁵⁴ and Zn⁶⁵ by Chicks, as Affected by their Dietary Levels and Other Supplemental Divalent Elements.
Poultry Sci. 48 (1969) 933
170. Suzuki, V., K. Yoschimura and K. Takaishi:
(Bull. Coll. Agric. Tokyo Imp. Univ. 7 (1907) 503)
in: Boehringer, Biochemica Information
171. Swanberg, F.:
Quantitative Measurements of some X-Ray-emitting Radionuclides in Nuclear Industrial Workers by Whole-Body-Counting Techniques.
Health Phys. 8 (1962) 67
172. Swift, C.E. and M.D. Berman:
Factors Affecting the Water Retention of Beef.
Food Technol. 13 (1959) 365
173. Tahara, S., I. Idia, K. Shoji and K. Aso:
Effects of High Levels of Different Forms of Zinc on Growth of Chicks.
Jap. J. Zootechn. Sci. 33 (1962) 304
174. Taylor, D.M.:
Retention of Zn⁶⁵ in the Bones of Rats.
Nature 186 (1961) 931

175. Tennant, D.A., and W.O. Forster:
Seasonal Variation and Distribution of Zn^{65} , Mn^{54} , Cr^{51} in Tissue of the
Crap Cancer Magister Dana.
Health Phys. 18 (1970) 656
176. Thomas, J. A. :
(Chron. 236/1953/1387)
in: Flaschenträger: Physiologische Chemie
Springer Verlag Berlin 1951
177. Tucker, H.F. and W.D. Salmon:
Parakeratosis or Zinc Deficiency Disease in the Pig.
Proc. Soc. Exptl. Biol. Med. 88 (1955) 613
178. Tupper, R. :
The Incorporation of Zn^{65} in Mammary Tumors and some other Tissues of
Mice after Injection of the Isotope.
Biochem. J. 59 (1955) 264
179. Turk, D.E. :
Dietary Antibiotics and Nutrient Absorption.
Poultry Sci. 46/2 (1967) 1330
180. Turk, D.E. :
Dietary Antibiotics and the Absorption of Zn^{65} and J^{131}
Labelled Oleic Acid.
Pultry Sci. 47 (1968) 1768
181. Turk, D.E. and J.F. Stephens:
Gastrointestinal Tract Disease and Zinc Absorption: Cecal Coccidiosis.
Poultry Sci. 46/1 (1967) 939

182. Turk, D.E. and J.F. Stephens:
Effect of Prolonged Infection by Intestinal Coccidia upon Un⁶⁵ and Oleic Acid Absorption in Broilers.
Poultry Sci. 47 (1968) 1728
183. Turk, D.E. and J.F. Stephens:
Effect of Sulfaguinoxatin Treatment of E. Necatrix Infections upon Zinc Absorption.
Poultry Sci. 45 (1966) 1134
184. Turk, D.E. :
Effects of Diet on the Tissue Zinc Distribution and Reproduction in the Fowl.
Poultry Sci. 44 (1965) 122
185. Turk, D.E., M.L. Sunde and W.G. Hoekstra:
Zinc Deficiency Experiments with Poultry.
Poultry Sci. 38 (1959) 1256
186. Underwood, E.J. :
Mineral Metabolism.
Ann. Rev. Biochem. 28 (1959) 506
187. Vallee, B.L. :
Biochemistry, Physiology and Pathology of Zinc.
Physiol. Rev. 39 (1959) 443
188. Vallee, B.L. und M.D. Altschule:
Zinc in the Mammalian Organism with Particular Reference to Carbonic Anhydrase.
Physiol. Rev. 29 (1949) 370

189. Vallee, B.L. und M.D. Altschule:
Leiner, M. und G. Leiner:
Physiol. Rev. 29 (1949) 370 und Naturwissenschaften 29 (1941) 763
in: Flaschenträger: Physiologische Chemie Bd. IIa
Springer Verlag Berlin 1951
190. Vikbladh, I.:
Studies on Blood-Zinc.
Lund 1951
191. Vohra, P. and N. Gouzales:
The Effect of EDTA on the Preferential Intestinal Absorption of Zinc than
Manganese in Turkey Poults.
Poultry Sci. 48/2 (1969) 1509
192. Vohra, P. and J.R. Heil:
Dietary Interactions between Zn, Mn and Cu for Turkey Poults.
Poultry Sci. 48/2 (1969) 1686
193. Vohra, P. and F.H. Kratzer:
Zinc, Copper and Manganese Toxicities in Turkey Poults and their Alleviation
by EDTA.
Poultry Sci. 47 (1968) 699
194. Wassermann, R.H.:
Studies on Vit. D₃ and the Intestinal Absorption of Calcium and other Ions
in the Rachitic Chick.
J. Nutr. 77 (1962) 69

195. Wegler, R.:
Chemie der Pflanzenschutz- und Schädlingsbekämpfungsmittel.
Springer Verlag Berlin 1970

196. Westphal, W. H.:
Lehrbuch der Physik
Springer Verlag Berlin 1967

197. Whitehouse, W. J. und J. W. Putman:
Radioactiv Isotopes at the Clarendon Press.
Oxford 1953

198. Whitehouse, W. J. und J. W. Putman:
Radioactive Isotopes
Clarendon Press Oxford 1953

199. Wiberg, E. und A. F. Hollemann:
Anorganische Chemie.
W. de Gruyter Verlag Berlin 1956

200. Winogradow, A. P.:
Spurenelemente in der Landwirtschaft.
Akademieverlag Berlin 1956

201. Winogradow, A. P.:
Geochemie seltener und nur in Spuren vorhandener chemischer Elemente.
Akademieverlag Berlin 1958

202. Wittwer, S. H.:
Foliar Absorption of Mineral Nutrients.
Ann. Rev. Plant. Physiol. 10 (1959) 13

203. Wolff, H., H. Maske, B. Stampel und F. Baumgarten:
Untersuchungen über Dithizondiabetes.
Klin. Wschr. 29 (1951) 670
204. Wolff, H. und R. Amann:
Der Serumzinkspiegel und seine klinische Bedeutung.
Klin. Wschr. 29 (1951) 316
205. Woodard, H.Q. :
(Cancer Res. 3 (1943) 159
in: Flaschenträger: Physiologische Chemie
Springer Verlag Berlin 1951
206. Worker, N.A. and B.B. Migicovsky:
Effect of Vit. D on the Utilisation of Zinc, Cadmium and Mercury in the
Chick.
J. Nutr. 75 (1961) 222

Zum Abschluß dieser Arbeit erlaube ich mir, dem Vorstand des Institutes für Nahrungsmittelkunde, Herrn Prof. Dr. Dr. h. c. L. Kotter für die freundliche Überlassung des Themas zu danken.

Ebenso möchte ich Herrn Privatdozenten Dr. W. Kreuzer, Herrn Dr. K. Schröder sowie Herrn Dr. H. Schmidt für ihre Anleitungen und das stets freundliche Entgegenkommen danken.

LEBENS LAUF

Geboren wurde ich am 23. 3. 1942 in Ruhpolding, Kreis Traunstein, als Sohn des Forstdirektors Georg von Kaufmann und dessen Ehefrau Mariann. von Kaufmann, geborene Schilcher.

Nach Besuch der Volksschule und der Oberrealschule in Prien am Chiemsee konnte ich diese 1963 mit dem Abitur abschließen.

1963 bis 1965 diente ich als Soldat bei den Gebirgsjägern in Bad Reichenhall. Diese Ausbildung schloß ich mit dem Leutnant d. Res. ab.

Im Herbst 1965 begann ich mein Studium an der tierärztlichen Fakultät der Universität München das ich im September 1970 mit dem Examen und im Februar 1971 mit der Bestallung zum Tierarzt, abschließen konnte.

